Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXV. Jahrgang. **Sechstes Heft.** November 1922.

Versuche über den Johnsen-Rahbek-Effekt.

Von **Rudolf Ullrich** in Pilsen.

Die Theorie und die Verwendung des Effektes zur Konstruktion von Relais, Telegraphen und Telephonen sind in dieser Zeitschrift *(35, S. 39)* beschrieben worden. Im folgenden sollen einige praktische Hinweise gegeben werden, wie man sich mit einfachen Mitteln die Apparate selbst herstellen kann, und welche, zum Teil neuen Versuche damit angestellt werden können[1]).

1. Grundversuch. Zwischen einem Leiter und einem Halbleiter, die sich in einer Fläche innig berühren, besteht eine merkliche Anziehung, wenn sie auf mehr als 70 Volt aufgeladen werden. Die Größe der Anziehungskraft ist durch die Gleichung $P = \frac{F \cdot V^2}{8 \pi d^2}$ gegeben. Als Halbleiter verwende man einen Lithographenstein, als Leiter eine Messingplatte. Der Lithographenstein habe ein Gewicht von mindestens 2 kg. Man läßt ihn in einer Steindruckerei gut eben schleifen, Politur der Fläche ist nicht nötig. Auch die rauhe Unterseite des Steines sei möglichst eben. Man drückt an letztere ein Blatt Stanniol fest und legt das Ganze auf eine ebene Zinkplatte, an die eine Klemmschraube gelötet ist. Sollte der Stein leichter sein, so schleift man ihn an zwei parallelen Seiten schwach schwalbenschwanzförmig und führt ihn samt Staniol und Zinkblechstreifen zwischen zwei Leisten L (Fig. 1) ein, die auf einem größeren Unterlagsbrett U befestigt sind, auf das man nach Bedarf Gewichte auflegen kann. Die Messingplatte M habe höchstens 5 cm Durchmesser, ihre Dicke sei mindestens 3 mm. In die Mitte der Platte bohrt man ein Loch ($\varnothing = 5$ mm), in das ein Messingstäbchen ($l = 3$ cm) gut eingelötet wird, nachdem man das freie Ende mit einem Gewinde und einem kleinen Loch versehen hat. Die Platte wird nun möglichst eben gefeilt oder gedreht. Je besser diese grobe Zurichtearbeit ausfällt, desto kürzer ist die nachfolgende Schleifarbeit, die man auf einer starken Spiegelglasplatte ausführt. Man bringt ein wenig Schmirgel oder Karborundumpulver Nr. 10 mit Wasser auf die Glasplatte und übergeht in Zykloiden die ganze Glasfläche, um sie gleichmäßig abzunutzen. Hierbei fasse man die Messingplatte abwechselnd in der Mitte und an verschiedenen Stellen des Randes. Sollte die Messingplatte noch stark uneben sein, so erkennt man dies daran, daß das Schleifpulver gewisse Stellen nicht angreift. Je weniger Schleifpulver verwendet wurde, desto empfindlicher ist die Probe. Ist die Fläche gleichmäßig geritzt, so verwende man die Sorten Nr. 30 und endlich Nr. 60 und beginne stets mit kleinen Mengen Schleifpulver, um eine Kontrolle bezüglich des Grades der Ebenheit ausüben zu können. Es empfiehlt sich, den letzten Schliff auf einer neuen Platte auszuführen, insbesondere, wenn man sich mehrere Platten herstellen will. Sollten die feinen Sorten nicht erhältlich sein, so reibt man das gröbere Pulver in einer Reibschale, schwemmt mit Wasser auf und dekantiert nach 10, 30 und 60 Minuten. Der Lithographenstein ist meistens eben genug. Im anderen Falle schleift man ihn, aber gleich mit feinem

Fig. 1.

[1]) Apparate nach Art der oben beschriebenen werden von der Inhaberin der Schutzrechte, der Firma Dr. Erich F. Huth in Berlin SW Wilhelmstr. 130—132 hergestellt. Die Schriftleitung.

Schleifpulver auf der Glasplatte eben. Stein und Messingplatte zeigen nach der beschriebenen Behandlung noch Kratzer, die man ohne weiteres durch Feinschleifen mit Nr. 120 und mittels feingeschlemmter Kreide zum Verschwinden bringen kann. Es haben aber die Versuche gezeigt, daß die weitere Politurarbeit nicht notwendig ist. Legt man die beiden Platten aufeinander, so erkennt man die Güte des Schliffes an einer geringen Adhäsion und an einem eigentümlichen Gleiten der Flächen, die sich wie gefettet aufeinander bewegen. Man reinige stets die Platten, falls sie längere Zeit offen gelegen haben, von anhaftendem Staube.

Um die Messingplatte für die Kondensatorversuche zu verwenden, die Hr. Friedrich Laube in einem folgenden Aufsatz beschreiben wird, braucht man nur einen 8 cm langen Stiel aus Hartgummi auf das Gewinde der Messingplatte zu schrauben.

Zur Ausführung des Anziehungsversuches führt man in die Öse des Messingstabes der Platte einen $^1/_2$ mm starken Kupferdraht ein, den man an dem einen Ende eines gleicharmigen Hebels befestigt und mit dem einen Pol der Spannungsquelle verbindet. Der zweite Pol wird zur Klemmschraube am Zinkblech geführt. Als Sicherung schaltet man noch eine Glühlampe von Netzspannung vor. Legt man nun die Messingplatte mit gelindem Druck schiebend auf den Stein, so wird ein geringes Übergewicht am anderen Hebelende die Platte abreißen. Schaltet man aber die Spannung an, so trägt die Platte je nach ihrer Größe und Ebenheit und der Voltzahl der Spannung mehrere hundert Gramm. Mit einer Platte von 5 cm² Fläche erreichte ich als Maximum bei 150 Volt 800 g Zugkraft, durchschnittlich 300 g, dagegen mit einer Platte von 20 cm² maximal 1200 g. Es ist eben schon ziemlich schwer, größere Flächen genau zu schleifen, weshalb der Effekt nicht proportional der Fläche steigt. Förderlich ist, den Stein vor dem Versuch gründlich anzufeuchten und dann trocken zu reiben. Dadurch wird der Stein gründlich vom Staub befreit, der Widerstand des Steines etwas herabgesetzt und der die Erscheinung bedingende Potentialsprung in der Übergangsschicht noch mehr vergrößert. Ist der Stein zu trocken, so bleibt die Kraftwirkung sekundenlang nach Öffnen des Stromkreises bestehen, während bei angefeuchtetem Stein das Übergewicht die Platte sofort abreißt, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß im trockenen Stein die Spannung sich langsamer verliert.

An Stelle des Lithographensteines kann man auch eine ebengeschliffene Marmorplatte aus der geologischen Sammlung der Schule benützen. Doch zeigen die einzelnen Sorten große Verschiedenheiten ihrer Leitfähigkeit und damit verschiedene Eignung für den Versuch. Ebenso gelingt das Experiment mit einer 5 cm² großen Marmorfläche (Untersberger Marmor) auf Solenhofener Schiefer. Man versieht das Marmorstückchen mit einer Stanniolkappe, die man mittels umgewundenen Kupferdrahts, dessen Enden verdrillt werden, am Marmor befestigt. Ein zweiter bügelförmiger Kupferdraht, an zwei Stellen mit dem ersteren verlötet, dient zur Befestigung des Zuleitungsdrahtes vom Hebel.

Die Abhängigkeit der Anziehungskraft von der Spannung zeigt man am einfachsten dadurch, daß man die Platten in den Nebenschluß dreier hintereinander geschalteter Glühlampen legt. Man hat dann z. B. bei 150 Volt: 50, 100 und 150 Volt zur Verfügung. Zu Messungen ist aber die Versuchsanordnung ungeeignet, da man die Platten nicht immer in genau derselben Weise zur Berührung bringen kann.

Über die Messung der Stromstärke und über die Größe des Übergangswiderstandes im Vergleich zum Steinwiderstand, über das Einschalten hoher äußerer Widerstände, z. B. des menschlichen Körpers, lese man die genannte Abhandlung. Um den hohen Schichtwiderstand elektroskopisch zu demonstrieren, versehe man die Messingplatte mit dem Ebonitgriff. Die auf den Stein aufgelegte Platte bildet einen Kondensator, den man durch Anlegen einer Spannung laden kann (Element oder Netz)[1]). Hebt man die Platte ab, so erhöht sich die Spannung infolge der Kapazitäts-

[1]) Näheres in dem folgenden Aufsatz von Fr. Laube, insbesondere über das Schalten im Dreileiterstromnetz.

verkleinerung so weit, daß man sie an einem gewöhnlichen Aluminiumblattelektroskop nachweisen kann, selbst dann, wenn man zwischen Laden und Heben der Platte mehr als 1 Minute verstreichen läßt, ein Beweis, daß die Luftschicht für die kleineren Spannungen ein Isolator ist. Haucht man jedoch die Messingplatte an, so zeigt, selbst bei sofortigem Abheben das Elektroskop keine Spur von Ladung an. Zugleich ist bewiesen, daß der Stein ein verhältnismäßig guter Leiter gegenüber der Zwischenschicht ist.

2. Das Elektroskop. Einen 4 cm langen, 1 cm breiten und 5 mm dicken Splitter von Solenhofener Schiefer schleift man leicht gekrümmt zu (Fig. 2), indem man ihn wiegend auf der Glasplatte hin und her zieht. Auf einer kleinen Unterlage U werden zwei 5 mm breite Winkelbleche Zn aus Zinkblech, mit Klemmschrauben K versehen, so angeschraubt, daß der an der ebenen Seite mit Stanniol beklebte Schiefer stramm hineinpaßt. Als Elektroskopblättchen verwendet man Aluminiumfolie stärkerer Sorte, wie sie

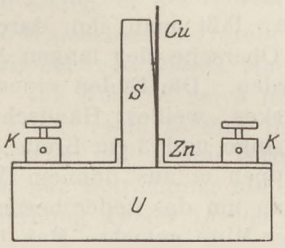

Fig. 2.

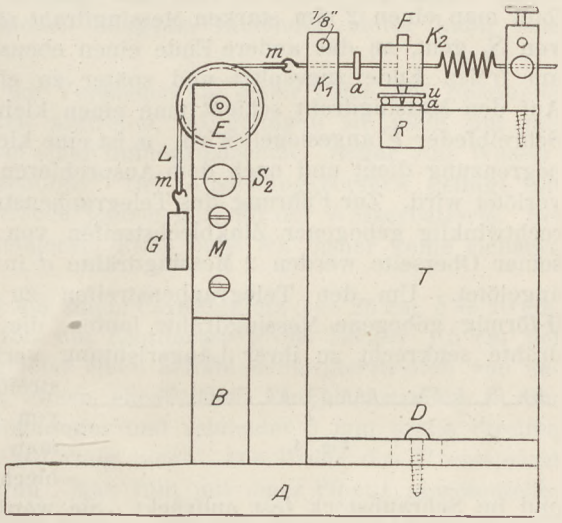

Fig. 3.

zum Einpacken von Schokolade benützt wird. Besser noch eignet sich dünnstes Schablonenkupferblech. Man schneidet einen 5 cm langen, 2 mm breiten Streifen, glüht ihn im Bunsenbrenner und streicht ihn auf einer Glasplatte abwechselnd auf beiden Seiten mittels eines Stäbchens gut eben. Sollte der Streifen durch das Strecken zu steif werden, so genügt nochmaliges gelindes Erwärmen und schwaches Streichen, um die gewünschte Federkraft zu erzielen, die dem Aluminium abgeht. Dieses legt sich zwar unter der elektrischen Wirkung an den Stein an, hebt sich aber nicht zuverlässig ab. Man kann das CuPlättchen zum Schließen eines Klingelkontaktes verwenden. Der konstruierte Apparat funktionierte aber nicht sicher, und da die Relais der Firma Huth auf einer andern Idee aufgebaut sind, so wurde der Gegenstand nicht weiter verfolgt.

3. Der Telegraph. Entsprechend der Huthschen Originalkonstruktion mit rotierendem Achatzylinder und schleifendem Nickelstahlband wurde zuerst die Anordnung: Walze aus Solenhofner Schiefer, Band aus Lamettafäden, ausprobiert. Der Erfolg war immerhin zufriedenstellend. Weit besser und in der Ausführung einfacher ist die zu beschreibende Konstruktion, bei welcher der rotierende Teil aus Metall (Stahl), der schleifende Teil aus einem Halbleiter (Leder) besteht:

Auf einem Grundbrett A ($18 \times 10 \times 2$ cm), Fig. 3, steht ein Lagerbrett B ($10 \times 8 \times 2$ cm), an dessen Schmalseiten zwei Messingbleche M ($8 \times 2 \times 0{,}3$ cm) mit Klemmschraube S_2 angeschraubt werden, die die Lager für die Stahlwalze E abgeben. Die Walze ($l = 4$ cm, $\varnothing = 3$ cm) hat einen Schnurlauf oder eine Kurbel. Sie kann mittels der Schwungmaschine oder eines elektrischen Motors oder mit der Hand gedreht werden. Die Messingbleche schraubt man so an B an, daß die Höhe der Walzenachse über dem Grundbrett gleich ist der halben kleinen Höhe einer Geige,

d. i. ungefähr 12 cm. Ein ⊥-förmiges Brettchen T von 11 cm Höhe wird 3 cm von B abstehend durch die Holzschrauben D an A befestigt. D geht durch 1 cm lange Schlitze, damit man die Lage von T etwas ändern kann. Die Mittellinie von T soll die Walzenlänge halbieren und auf ihr senkrecht stehen.

Auf der oberen Schmalseite von T ist an dem einen Ende ein Kork K_1 angeleimt, der 2 mm weit geschlitzt ist. Der Schlitz kann durch eine $^1/_8''$ Eisengewindschraube mit Mutter zusammengezogen werden. Am andern Ende befindet sich eine Doppelklemmschraube S_1 mit einer Bohrung in der Längsrichtung von T, so hoch, daß sie mit der oberen Walzentangente in einer Höhe liegt. An die axialgebogenen Enden einer Spiralfeder (8 Windungen aus 0,6 mm starkem Messingdraht, $\varnothing = 5$ mm) lötet man einen 2 mm starken Messingdraht ($l = 3$ cm), der durch die untere Bohrung von S_1 geht, an das andere Ende einen ebensolchen Messingdraht von $l = 5$ cm, der am freien Ende zugespitzt und später zu einem kleinen Haken umgebogen wird. Auf den Messingdraht schiebt man einen kleinen Kork K_2, an dem eine gewöhnliche Schreibfeder F angesiegelt wird. a ist eine kleine Messingscheibe, die zur Exkursionsbegrenzung dient und nach dem Ausprobieren des Apparates an der geeigneten Stelle verlötet wird. Zur Führung des Telegraphenstreifens dient der Reiter R, ein zweimal rechtwinklig gebogener Zinkblechstreifen von 6 cm Länge und 10 mm Breite. Auf seiner Oberseite werden 2 Messingdrähte d in 10 mm Entfernung parallel zueinander angelötet. Um den Telegraphenstreifen zu spannen, läßt man ihn durch zwei U-förmig gebogene Messingdrähte laufen, die an der Oberseite der langen Messingdrähte senkrecht zu ihrer Längsrichtung verlötet werden. Die Enden eines Lederstreifens (starkes, weißes Handschuhleder) von 12 cm Länge und 3 cm Breite versieht man mit Kappen m aus dünnem Messingblech, das man um das Leder herumschlägt und im Schraubstock fest andrückt. Sie werden in der Mitte gelocht. Man legt nun den Lederstreifen mit der glatten Seite auf die Walze, hängt ihn in die Haken des Messingdrahts, legt diesen in K_1 ein und befestigt die Verlängerung der Spiralfeder in S_1. Schließlich hängt man das Gewicht an ($G \sim 10$ g). Dreht man die Walze in der Richtung, daß die Spiralfeder gespannt wird und legt an Walze und Leder mittels eines Tasters die Spannung von über 100 Volt an (Glühlampe als Sicherung vorschalten), so beobachtet man beim Schließen gewöhnlich schon ein leises Zucken des Leders, das man durch Anfeuchten des Leders mit Wasser und Glyzerin vergrößert. Man warte ein paar Minuten, um sicher zu sein, daß die Feuchtigkeit das Leder durchdrungen hat, ehe man die Operation wiederholt. Hat man den Lederstreifen zu stark getränkt, so verringert sich die Wirkung, ferner klebt der Streifen an der rotierenden Walze und man hört ein quietschendes Geräusch. Bei richtigem Feuchtigkeitsgehalt erhält man Schwingungsweiten von über 10 mm. Auch das angehängte Gewicht ist von Einfluß. Man probiere die Größe aus, bei der sich der Lederstreifen gut anlegt, ohne daß die Reibung zu groß wird. Damit man die Schwingungsweite beschränken kann, lötet man nun die Messingscheibe a an der ausprobierten Stelle fest. Kleine Veränderungen derselben sind noch dadurch möglich, daß man den in S_1 befestigten Draht etwas verschiebt. Zum Schreiben empfiehlt sich eine Exkursion von ~ 5 mm. Ist die Führung von K_1 zu locker, so beobachtet man ständige kleine Schwingungen, die man durch Anziehen der Schraube in K_1 dämpft.

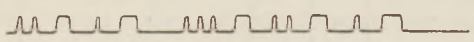

Fig. 4.

Zur Bewegung des Schreibstreifens benutzt man das Uhrwerk eines Morsetelegraphen. Man schraubt die Papiertrommel vom Werk ab und befestigt sie an einem Brett. Der Streifen läuft durch die beiden U der Führungsvorrichtung nach der Greifwalze des Morseschreibers. Die angefüllte Feder wird soweit heruntergedreht, bis ein Strich entsteht. Die Walze wird langsam (1—2 Umdr./Sek.) gedreht und Zeichen gegeben. Fig. 4 zeigt, wie exakt der primitive Apparat arbeitet ($V = 150$ Volt). Nach dem Versuch entferne man den feuchten Lederstreifen, um

die Walze vor Rosten zu schützen, und hebe den Streifen in einer kleinen Schachtel auf, wodurch er längere Zeit seine Feuchtigkeit behält. Schaltet man an Stelle des Tasters zwei Personen in den Stromkreis, so genügt das Berühren der Handfläche der einen durch einen Finger der zweiten Person, um Zeichen zu geben.

Die Schreibgeschwindigkeit des Apparates ist ungefähr gleich der eines normalen Morseschreibers. Sie könnte noch gesteigert werden (an Stelle des Gewichtes eine zweite Spiralfeder), doch müßte der Papierstreifen rascher ablaufen.

Den Aufwand an mechanischer Energie, die vom Motor geliefert und durch die elektrische Energie gesteuert wird, bemerkt man, wenn die Kurbel mit der Hand gedreht wird. Man verspürt die Abbremsung, die man unwillkürlich durch Mehrleistung zu überwinden sucht. Ein kleiner langsam laufender Motor kann zum Stillstand gebracht werden.

4. Stromquellen. Da es bei den Versuchen in erster Linie auf Spannung ankommt und nur geringe Stromstärken auftreten, so gelingen sie nicht nur mit Starkstrom, sondern auch mit dem Strom einer Influenzmaschine. Sogar eine Wasserbatterie kleinster Ausführung ist verwendbar. Der Anziehungsversuch gelingt mit beiden Stromquellen, der Telegraphierversuch jedoch nur mit der Wasserbatterie. Bei Verwendung der Influenzmaschine in letzterem Falle habe ich bisher keine sicheren Resultate erzielt.

Die Wasserbatterie[1]) stellt man sich aus einem Paraffinklotz ($l = 25$ cm, $b = 20$ cm, $d = 3$ cm) her. In diesen sind 100—150 ein Zentimeter große Löcher 1,5 cm tief gebohrt. Ihr Abstand sei 5 mm. Man lötet einen Schablonenkupferstreifen von beliebiger Länge und 15 mm Breite mit einem ebensolchen Zinkblechstreifen in der Längsrichtung mit 3 mm Deckung aufeinander und schneidet 5 mm breite Streifen senkrecht zur Lötrichtung ab, die man U-förmig biegt. Die Breite des U entspricht der Entfernung zweier Löcher im Paraffin Man füllt mit einer Pipette gewöhnliches Wasser ein und steckt die Zn-Cu-Streifen so ein, daß alle Elemente hintereinander geschaltet sind. Während des Experimentierens schließt man die Batterie nur während der unbedingt notwendigen Zeit und vermeidet Kurzschlüsse. Nach dem Gebrauch entleert man sie, um ein Verschmutzen der Elektroden zu vermeiden.

5. Telephonversuche. Legt man die Messingplatte auf den Schiefer, so hört man, insbesondere wenn sie nicht vollkommen aufliegt, einen leisen Ton. Dieser rührt von den Spannungsschwankungen im Netz her, da die Dynamomaschinen keinen vollkommenen Gleichstrom liefern. Deutlicher wird die Erscheinung, wenn man an Stelle der starren Messingplatte ein Stanniolblatt lose auflegt und den Gleichstrom mittels einer Zahnradsirene unterbricht. Damit der an der Sirene schleifende Draht selbst keinen Ton erzeugt, umwickelt man ihn mit Stanniol. Schließlich kann man Mikrophonströme benützen. Man schaltet 3 – 5 Beutelelemente mit dem Mikrophon und der primären Wicklung eines kleinen Induktoriums (Hammer kurzschließen) hintereinander. Der sekundär induzierte Strom wird zum Stein und zur Platte geführt. Man hört gepfiffene und gesungene Töne ganz deutlich, selbst in einiger Entfernung. Da aber die in Schall umgewandelte Energie klein ist, so darf man nicht allzuviel erwarten.

Den eigentlichen Telephonversuch führt man mit der Walze und dem Lederstreifen aus. Man schraubt das Brettchen T ab und klemmt mittels eines Reißnagels die Messingkappe des Lederstreifens in der Mitte des Bodens einer Violine fest. Sie wird parallel zu B auf ihre Zargen gelegt und durch ein Stativ in dieser Lage gehalten. Dann legt man den mit dem Gewichte beschwerten Lederstreifen auf die Walze. Die Spannung wird wie früher an Walze und Leder angeschlossen.

Außer den erwähnten Schaltungsweisen kann man mit Vorteil noch den Strom von 3 Beutelelementen durch eine Stimmgabel unterbrechen und wieder im Induktor

[1]) Herweg, Physikalische Zeitschrift, VII. Jahrg. S. 663.

auf Spannung transformieren. Man hört erstens den schwachen Stimmgabelton, zweitens bei ruhender Walze den Ton etwas verstärkt, drittens sehr laut im ganzen Auditorium, wenn die Walze gedreht wird, da jetzt Motorarbeit in Schall verwandelt wird.

Die Übertragung gepfiffener und gesungener Töne mittels Mikrophonstrom gelingt in überraschend guter Weise, dagegen gelang die Sprachübertragung nicht, woran außer dem Mikrophon der Transformator, als Drosselspule wirkend, schuld sein dürfte.

Der Voltasche Grundversuch und andere Versuche mit Anwendung des Johnson-Rahbek-Kondensators.

Von Fachlehrer **Friedrich Laube** in Tetschen a. E. (Böhmen).

Die bei der Berührung von Metallen oder an galvanischen Elementen auftretenden Potentialunterschiede von ungefähr 1 Volt können nicht ohne weiteres durch ein Aluminiumelektroskop, das erst bei ungefähr 100 Volt einen merklichen Ausschlag zeigt, nachgewiesen werden. Man pflegt mit den geringen Spannungsunterschieden einen Kondensator aufzuladen, der gewöhnlich aus zwei genau ebenen Metallplatten besteht, die durch eine dünne Lackschicht getrennt sind. Diese Anordnung hat mehrere Nachteile. Ist die Lackschicht zu dick, so ist die Kapazität zu klein, der Kondensator kann seinen Zweck nicht erfüllen; ist die Schicht zu dünn, so tritt bei der geringsten Berührung der Metalle Kurzschluß ein und der Kondensator entladet sich; endlich nimmt die Lackschicht gern eine dauernde Ladung an, die alle Versuche stört und schwer entfernt werden kann.

Alle diese Nachteile umgeht man, wenn man zu demselben Zwecke die Johnson-Rahbek-Anordnung benützt, die aus einem lithographischen Steine mit genau eben aufgeschliffener, isoliert abhebbarer Metallplatte besteht und deren Herstellung für Demonstrationszwecke Herr Professor Ullrich-Pilsen im vorhergehenden Aufsatz ausführlich dargelegt hat. Die frühere Anordnung Metall—Lack—Metall ist hier ersetzt durch die Zusammenstellung Metall—Luft—Stein. Die wesentlichen Unterschiede sind folgende: Die Lackschicht ist durch die Luftschicht ersetzt; von dauernder Ladung derselben kann keine Rede mehr sein. Durch sorgfältiges Schleifen der Platte kann man ihre Dicke außerordentlich vermindern (nach Ullrich bis auf $^1/_{1000}$ mm) und dadurch die Kapazität erhöhen. Daß trotzdem kein Kurzschluß des Kondensators wie zwischen Metallplatten eintreten kann, liegt im Wesen des Steines als Halbleiter. Durch die gewiß vorhandenen Berührungspunkte zwischen Stein und Metall kann sich weniger Elektrizität ausgleichen, als die fortdauernde Erregung herbeischafft. Anderseits leitet der Stein doch so gut, daß ihn auch geringe Spannungsunterschiede mit genügender Raschheit aufladen. So leistet uns die Doppelnatur des Steines als Halbleiter einen trefflichen Dienst.

Über die Größe der Ladung, die ein Kondensator aufzunehmen vermag, sei nebenstehende Veranschaulichung (Fig. 1) hier eingeschaltet. Die Lotrechte aA stellt die ursprüngliche Größe der Ladung auf der Kondensatorplatte I dar. Diese bindet auf der Platte II die Ladung bB, die $^9/_{10}$ von aA sein möge. Diese bindet rückwirkend auf Platte I cC, das ist $^9/_{10}$ von bB usf., so daß die Summe der nach einer geometrischen Reihe abfallenden Strecken die Größe der Gesamtladung darstellt. Sehr schön zeigt der Versuch der stufenweisen Entladung einer Leydener Flasche die wechselseitige Bindung ihrer großen Ladungen (Fig. 2). Jede Belegung der geladenen isoliert aufgestellten Flasche ist mit je einem Elektroskop verbunden. Da dieses nur freie Elektrizität anzeigen kann, erkennen wir links die freie Ladung von A bis C (Fig. 1). Berührt man die Kugel, leitet also AC ab, so wird BD frei, was einen Ausschlag rechts hervorruft, während das linke Elektroskop zusammenfällt. So kann

man zahllose Funken abwechselnd innen und außen entlocken, während sich die Ladung nach Figur 1 abbaut. Man erkennt daraus, daß der Bindungsquotient gewiß sehr nahe bei 1 liegt. — Nun zu den Versuchen selbst.

1. Nachweis der Kontaktelektrizität zwischen Leitern erster Ordnung. Der Stein S (Fig. 3) ruht auf einem etwas vorstehenden Unterlagsblech U aus Kupfer, die aufgeschliffene Platte P ist aus Zink. Verbindet man P und U durch einen isoliert aufgedrückten Blechbügel B aus Kupfer, hebt dann B und sofort

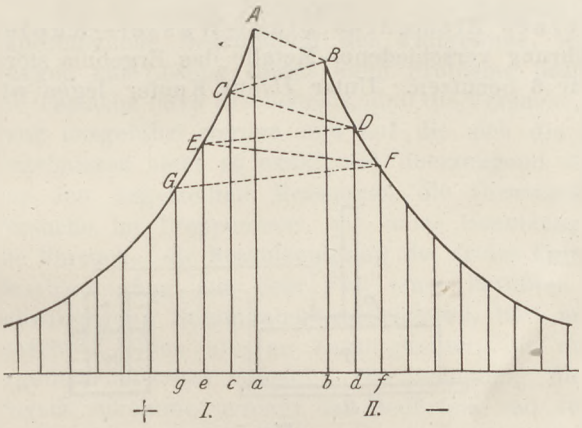

Fig. 1.

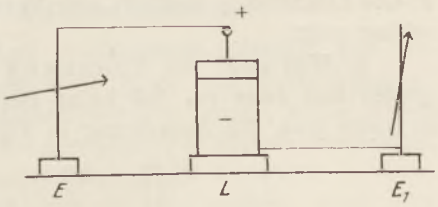

Fig. 2.

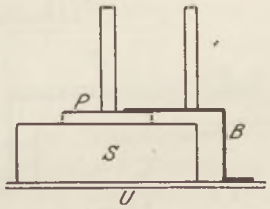

Fig. 3.

darauf P ab und berührt letztere mit der Kugel eines Aluminiumblattelektroskopes, so zeigt dieses einen positiven Ausschlag bis zu 20 Grad. Durch den Kontakt zwischen Zinkplatte und Kupferbügel entstehen Potentialunterschiede, die den Kondensator aufladen. Ist B aus Zink, ergibt sich dasselbe, denn der wirksame Kontakt ist wohl an einer anderen Stelle, aber im selben Sinne. Ist P aus Kupfer, U aus Zink, B aus Zink oder Kupfer, zeigt die Kupferplatte ebenso starke negative Ladung. Ist P wieder aus Kupfer, U eine Kohlenplatte, so wird die Kupferplatte positiv geladen. Sind P und U aus gleichem Metall, so erhält man keine Ladung. Stets ist das Metall der Brücke ohne Einfluß, es kommt nur auf P und U an. Legt man den Stein auf ein untergelegtes Braunsteinstückchen und verbindet dieses durch einen Kupferdraht mit der aufgelegten Zinkplatte, so erhält man besonders starke Ladungen. Sehr befriedigend, weil sie einen Kontaktfehler vermeidet, arbeitet auch die einfache Anordnung in Figur 4. Gegen P (aus Zink) drückt man isoliert oder mit der Hand den Blechstreifen B (aus Kupfer), der unter die Steinplatte reicht.

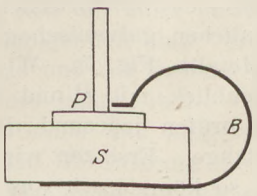

Fig. 4.

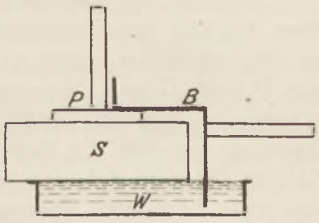

Fig. 5.

Die Versuche, die alle Gesetze der Spannungsreihe bestätigen, gelingen ganz sicher, wenn man nach Ullrichs Anweisung die Deckplatte genau anschleift, wenn man Platte und Stein jederzeit durch Wischen mit einem feinen Tuche oder Abstreichen mit dem Handballen sorgfältig vom Staube rein hält, wenn man den Stein öfter mit Seife wäscht, wenn man die als Isolator dienende Luftschicht zwischen Stein und Platte durch gelindes Anreiben und festes Andrücken der Platte wesentlich verkleinert und wenn man alle Kontakte sorgfältig von Oxyden reinigt. Ich ver-

wende ein Aluminiumblattelektroskop von mittlerer Empfindlichkeit, das 150 Volt eben noch anzeigt, und Deckplatten von 5 cm Durchmesser. Eine Zusammenstellung aller erforderlichen Apparate liefert in musterhafter Ausführung A. Haase, Prag und Leipzig.

2. Zum Nachweise der sehr geringen negativen Ladung, die Zink bei Berührung mit Wasser erhält, legt man den Stein quer über eine Glaswanne (Fig. 5), die man so hoch mit Wasser füllt, daß die Oberfläche den Stein benetzt. Man verwendet P und B aus Zink. B taucht ins Wasser ein, es wird entfernt, hierauf mit P das Elektroskop berührt, der Versuch wird mehrmals wiederholt, bis sich ein Ausschlag zeigt.

3. Will man die Spannung eines Elementes Zink—Wasser—Kupfer prüfen und zwar so, daß keine Berührung verschiedener Metalle das Ergebnis stört, so kann man die Anordnung in Figur 6 benutzen. Unter U aus Kupfer legen wir

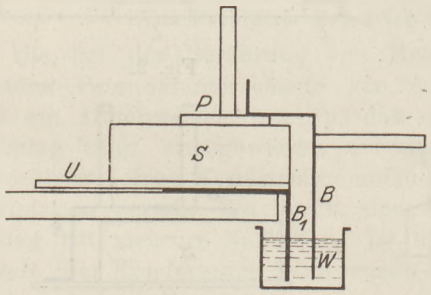

Fig. 6.

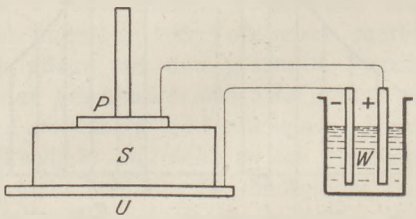

Fig. 7.

einen nach unten gebogenen Kupferblechstreifen B_1, an die Platte P aus Zink einen Bügel B aus demselben Metalle. B und B_1 tauchen in ein Glas mit Wasser und bilden ein Zink-Kupferelement. Nach Entfernung von B prüfen wir die Ladung von P: sie ist Null oder nahezu Null, gewiß ein überraschendes Ergebnis. Nehmen wir bei sonst gleicher Anordnung B_1 aus Zink und B aus Kupfer, so erhalten wir einen auffallend großen Ausschlag (vgl. Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, 5. Buch, S. 332, 1909).

Wollen wir im Elementarunterrichte, ohne uns in theoretische Erörterungen über den Ort der Entstehung der elektromotorischen Kraft einzulassen, die Spannung an den Poldrähten eines gewöhnlichen galvanischen Elementes nachweisen, so wählen wir P und U aus demselben Metalle (Fig. 7). Wir verbinden einen Pol mit U, berühren den anderen einen Augenblick mit P und heben P ab. Zur Kontrolle vertauschen wir nun die Pole und prüfen jedesmal das Vorzeichen der Ladung durch Nähern einer geriebenen Glasstange. Ersetzen wir das Element durch eine Batterie von zwei oder drei Elementen, so können wir aus P hörbare Fünkchen in das Ohr schlagen lassen oder mit dieser Ladung bereits ein Gabelelektroskop aufladen, gewiß eine beachtenswerte Leistung des Kondensators.

4. Legen wir an U und P die Pole einer Gleichstromlichtleitung, wobei wir P nur einen Augenblick mit dem Drahte berühren, so sprühen aus P beim Abheben zentimeterlange Funken. Beim Dreileitersystem ist die Anordnung am klarsten, wenn der Mittelleiter an U, der Außenleiter an P angeschlossen wird. Ist der Außenleiter unten, so genügt die Berührung der Platte mit dem Finger, um nach dem Abheben aus ihr Funken ziehen zu können. Wir haben hier einen Elektrophor vor uns, der ständig von unten aufgeladen wird. Ist der Ausschalter am Vorschaltwiderstand einpolig und liegt dieser zufällig im Mittelleiter, so gelingen alle Versuche, auch wenn „ausgeschaltet“ ist, was besonders verblüffend wirkt. Verbinde ich P mit der Gasleitung oder steht auf dem Tische ein an die Starkstromleitung angeschlossener Apparat, so gibt P immer Funken. Der Kondensator saugt mit

seiner großen Kapazität die kleinsten Ladungen seiner Umgebung auf. Manchmal (vielleicht bei zu großer Trockenheit des Steines) bleiben nach diesen Versuchen störende Restladungen im Stein, die bei längerer metallischer Verbindung von U mit P verschwinden.

Zur experimentellen Behandlung der Gesetze der Bewegung.

Von **K. Hahn** in Hamburg (Oberrealschule auf der Uhlenhorst.)

Die in dieser Zeitschrift in der jüngsten Zeit erschienenen Aufsätze über die experimentelle Begründung der Fallgesetze, worin neue Wege und Versuchsanordnungen zur Lösung dieses alten Problems besprochen werden, zeigen schon durch die Tatsache ihres Erscheinens, daß die Versuche, die gewöhnlich in diesem Zusammenhang ausgeführt werden und auf die sich die Lehrbücher meist beziehen, in ihren Ergebnissen nicht so exakt und überzeugend sind, wie sie sein müßten, wenn man aus den angestellten Messungen die Gesetzmäßigkeit erkennen wollte. Die Fallversuche im Treppenhaus, die unter Benutzung des Metronoms ausgeführt werden, die Versuche, die Beschleunigung des freien Falles und das Gesetz der gleichmäßigen Beschleunigung aus dem Fall einer berußten Glasplatte zu finden, die an einer schwingenden Stimmgabel vorbeigleitet, und noch mehr die Versuche an der Fallmaschine leiden alle an Zufälligkeiten, die nur selten ein brauchbares Versuchsergebnis entstehen lassen[1]). Die Bedeutung, die den Gesetzen der Bewegung in der Physik zukommt, erzeugt das Bedürfnis und rechtfertigt das fortgesetzte Bestreben, zu Versuchsanordnungen zu gelangen, die von Zufälligkeiten einigermaßen frei sind, und die so viele Einzelmessungen liefern, daß aus ihnen die Gesetzmäßigkeit überzeugend erschlossen werden kann. Diese Versuchsanordnungen dürfen nicht so kompliziert in der Auswertung und Ausführung sein, daß damit mehr Zeit in Anspruch genommen wird, als bei der Fülle von Unterrichtsstoff verfügbar ist. Sie müssen einfach und schulgemäß sein. Das Hervortreten der Gesetzmäßigkeit ist die Hauptsache, erst in zweiter Linie ist zu fordern, daß die gemessenen physikalischen Konstanten auch einigermaßen mit den wissenschaftlich festgestellten Größen übereinstimmen. Versuche, bei denen stets Reibung und Luftwiderstand eine Rolle spielen, erscheinen verdächtiger, wenn sie eine genaue Übereinstimmung mit den physikalischen Konstanten ergeben, als wenn sie sich mit einer gewissen Annäherung begnügen.

Es sei mir gestattet, im nachfolgenden eine Versuchsanordnung für die experimentelle Behandlung der Fallgesetze und der Gesetze der Bewegung auf der schiefen Ebene zu beschreiben, die wegen der langen Reihe von brauchbaren Meßergebnissen, der kurzen Zeit, in der diese gewonnen und ausgewertet werden können, und der Einfachheit von Grundgedanke und Einrichtung geeignet ist, die gebräuchlichen Methoden zu ersetzen. Bei allen Versuchen handelt es sich darum: 1. den in einer bestimmten Zeit zurückgelegten Weg möglichst präzis feststellbar zu machen, 2. die Resultate des Versuchs so zu fixieren, daß sie in aller Ruhe durch Messung festgestellt werden können, und 3. eine Uhr zu haben, die genügend kleine Zeiteinheiten zählt.

Läßt man den Körper bei der Bewegung einen Papierstreifen nach sich ziehen, wie ihn die Post zum Aufzeichnen der Morsezeichen im Morseapparat benutzt, dann wird dadurch die Bewegung des Körpers, wie der Versuch zeigt, nur sehr wenig behindert. Dies erklärt sich aus dem geringen Gewicht, das der Streifen im Verhältnis zum Gewicht des bewegten Körpers besitzt. Auf diesem Streifen kann man etwa alle $^1/_{10}$ Sekunde die Wege markieren lassen, die der Körper bis dahin zurückgelegt hat. Ist der Vorgang der Bewegung abgelaufen, so liegen soviel Meßergebnisse vor, als Marken auf dem Streifen vorhanden sind. In aller Ruhe lassen sich

[1]) Dieser Einwand bezieht sich nicht auf den Fallapparat von F. C. G. Müller *(s. diese Zeitschrift 28, 17 und diesen Jahrgang S. 224)*, sondern auf die gewöhnlichen behelfsmäßigen Einrichtungen.

dann die Wege ausmessen. Ein einziger Fallversuch liefert also schon ein so umfangreiches Versuchsmaterial, wie man es zur Auswertung braucht.

Die Marken müssen auf dem bewegten Papierstreifen so eingegraben werden, daß die Bewegung des Streifens dadurch nicht behindert ist. Führt man den Streifen zwischen den etwa 1—2 mm voneinander entfernt stehenden Kugeln einer Funkenstrecke durch, in der alle $^1/_{10}$ Sekunde Funken überspringen, dann wird der Papierstreifen von den Funken durchlöchert, ohne daß er in seiner Bewegung merkbar gehindert wird. Der von mir verwendete Apparat bestand aus einem Stück Hartgummi, das in der Mitte einen Schlitz von der Breite des Papierstreifens und etwa 2 mm Höhe besaß. Die Kugeln der Funkenstrecke lagen dazu so, wie es Fig. 1 andeutet. Beide Flächen des Schlitzes waren mit Glimmerblättchen belegt, die einander gegenüber in der Mitte der Funkenstrecke durchlöchert waren, so daß die Funken immer an derselben Stelle überschlagen mußten. Zur Erzielung genügend kräftiger Funken war eine große Leidener Flasche zur Funkenstrecke parallel geschaltet.

Der elektrische Funke wurde dadurch erzeugt, daß der Primärstrom eines Funkeninduktors taktmäßig unterbrochen wurde. Als Stromquelle diente ein Akkumulator von 4 Volt Spannung. Der Unterbrecher bestand ursprünglich aus einem langen schwingenden Stahlstab, der durch einen bei der Schwingung in Quecksilber

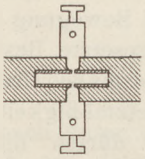

Fig. 1.

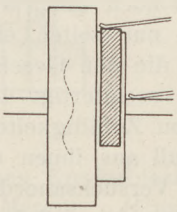

Fig. 2.

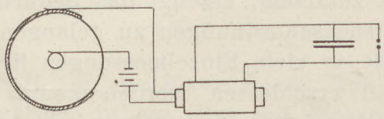

Fig. 3.

tauchenden Stift den Strom schloß und öffnete. Dieser Unterbrecher erwies sich aber als ungeeignet, offenbar weil das Quecksilber nicht immer in derselben Höhe vom Stifte abriß. Die später verwendete Anordnung bestand aus einem Rad aus Holz, wie es Fig. 2 wiedergibt, das auf die Achse eines Elektromotors gesetzt wurde, dessen Anker ein großes Trägheitsmoment besaß. Auf dem Teil des Rades mit dem geringeren Durchmesser sitzt ein Messingstreifen, der etwa $^3/_4$ des Umfanges einnimmt, der Rest des Radumfanges bleibt frei. Der Messingstreifen ist mit der Achse leitend verbunden. Auf dem Umfang des Rades gleitet eine Schleiffeder. Rotiert das Rad, so tritt jedesmal, wenn die Feder von dem Messingstreifen abgleitet, eine Unterbrechung des Stromes ein, der durch die Feder ein- und durch die Achse austritt. Nach $^1/_4$ Umdrehung wird der Strom wieder geschlossen, um nach weiteren $^3/_4$ Umdrehungen wieder unterbrochen zu werden. Von der Sekundärspule des Induktors führen Drähte nach der Funkenstrecke (Fig. 3). Läßt man den Motor unter Verwendung eines Anlassers langsam laufen, so erreicht man eine für die Versuche jeweils geeignete Funkenzahl pro Sekunde. Die Unterbrechung ist sehr regelmäßig.

Will man aus den Versuchsergebnissen die Konstanten berechnen, so ist nötig, die Zahl der Unterbrechungen pro Sekunde bei der Ausführung des Versuches zu bestimmen. Legt man auf den Teil des Rades mit dem größeren Durchmesser einen paraffinierten Papierstreifen, und hält man gegen diesen Streifen eine mit einem Schreibstift versehene schwingende Stimmgabel, so wird dadurch auf der dünnen Paraffinschicht die Kurve der Schwingungen aufgezeichnet und zu der Umlaufszahl des Rades und damit der Funkenzahl pro Sekunde in Beziehung gesetzt. Schneidet man den Streifen nach der Aufnahme quer durch, nimmt ihn ab und breitet ihn aus, so verhält sich seine Länge zur Länge einer Schwingung wie die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Funken zur Zeitdauer einer Schwingung.

Die Apparatur ist so einfach, daß sie leicht behelfsmäßig beschafft werden kann. Ein Fallversuch mit einem 10—12 m langen Papierstreifen vollzieht sich mit verblüffender Schnelligkeit ohne Hemmung. Verwendet man als Unterbrechungszahl 10 pro Sekunde, so können die Fallgesetze schon durch einen Fallversuch im Zimmer mit genügender Deutlichkeit nachgewiesen werden.

Um eine Anschauung von dem zu geben, was die Versuchsanordnung leisten kann, führe ich zwei Versuchsreihen in den erhaltenen Meßergebnissen an, die durchaus den normalerweise zu erhaltenden Ergebnissen entsprechen. Es bedeutet s den zurückgelegten Weg, s' die Wege in den einzelnen Zeiteinheiten und a die Differenzen dieser Wege in Millimetern.

Tabelle 1 gibt die Meßresultate beim freien Fall eines Körpers von 540 g Gewicht im Treppenhaus wieder. Die Länge einer Schwingung der Stimmgabel von 132 Schwingungen pro Sekunde betrug 35 mm, der Radumfang 448 mm (die Zeiteinheit also etwa $^1/_{10}$ Sek.), die durchschnittliche Beschleunigung in der gewählten Zeiteinheit $a = 97{,}4$ mm. Daraus berechnet sich die Fallbeschleunigung zu $g = 1000 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$.

Tabelle 1.

s	s'	a
80	—	—
262	182	—
547	285	102
933	386	101
1402	479	93
1975	573	94
2646	671	98
3416	770	99
4285	869	99
5253	968	99
6317	1064	96
7477	1160	96
8731	1254	94
10072	1341	97

Freier Fall im Treppenhaus.

Tabelle 2.

s	s'	a
3	—	—
14,5	11,5	—
34	19,5	8,5
60	26	7,5
94	34	8
136	42	8
195	49	7
252	57	8
316	64	7
387	71	7
466	79	8
552,5	86,5	7,5
647	94,5	8
750,5	103,5	9
862,5	112	8,5
982,5	120	8
1110	127,5	7,5
1245	135	7,5
1388	143	8
1538,5	150,5	7,5
1697,5	159	8,5

Bewegung eines Wagens auf einer schiefen Ebene von 12% Neigung.

Tabelle 2 gibt einen Fallversuch mit einem leicht beweglichen Wagen auf einer 170 cm langen schiefen Ebene aus Spiegelglas wieder. Die Tabelle zeigt überzeugend, daß die Bewegung gleichmäßig beschleunigt ist. Bei geringen Neigungen der schiefen Ebene macht sich die Reibung immerhin so stark bemerkbar, daß man für die Erdbeschleunigung, die man daraus berechnen kann, nur Werte zwischen 800—900 $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$ erhält. Wählt man aber die Neigung stärker, so ergeben sich Werte, die erstaunlich nahe an den wirklichen Wert der Beschleunigung herankommen und die vor allem zeigen, daß die Beschleunigung proportional dem Sinus des Neigungswinkels der schiefen Ebene ist. Dabei kann man selbst bei der steilsten gewählten Stellung der schiefen Ebene noch auf 8—10 Messungen rechnen, aus denen man den Mittelwert bilden kann.

Der Beginn der Bewegung erfolgt bei der beschriebenen Versuchsanordnung willkürlich, d. h. er trifft nicht mit dem Augenblick der Entstehung des Funkens zusammen. Für das Erkennen der gleichmäßigen Zunahme der Wege in den einzelnen Zeiteinheiten ist dies zunächst gleichgültig. Wichtig ist aber, daß bewußt darauf verzichtet worden ist, die Bewegung im Zeitpunkt Null beginnen zu lassen, denn damit wird unter Vermeidung aller Fehler, die mit dem Loslassen des sich bewegenden Körpers zusammenhängen, in dem ganzen Bereich von etwa der ersten (oder zweiten) bis zur letzten Zeiteinheit die Gesetzmäßigkeit der Wegzunahme erkennbar.

Tabelle 3.

Neigung der schiefen Ebene	Fallbeschleunigung berechnet
18,7%	980 cm . sec $^{-2}$
21,9%	959 „ „
29,7%	967 „ „
37,8%	952 „ „

Es entspricht durchaus den Gepflogenheiten der physikalischen experimentellen

Forschung, bei einer so exakt erfüllten Gesetzmäßigkeit, wie sie sich in den beiden Tabellen bietet, die Annahme zu machen, daß auch in dem nicht gemessenen Anfangsbereich dasselbe Gesetz gilt. Führt diese Annahme dann zu weiteren Gesetzmäßigkeiten (Weg-Zeitgesetz), die sich aus den vorliegenden Messungen ergeben, und werden diese Gesetzmäßigkeiten nachträglich von der theoretischen Betrachtung gefordert, dann bleibt wohl kaum etwas gegen dieses Verfahren einzuwenden.

Die Auswertung der Versuche zur Ableitung des Weg-Zeitgesetzes basiert auf dem Unterschied, der zwischen der „Durchschnittsgeschwindigkeit“ und der „Momentangeschwindigkeit“ zu machen ist. Gemessen wurden die Wege, die der fallende oder von der schiefen Ebene herabrollende Körper in den einzelnen Zeiteinheiten zurückgelegt hat. Diese Wege können auch als die „Durchschnittsgeschwindigkeiten in den einzelnen Zeiteinheiten“ aufgefaßt werden. Sie sind aber nicht die „Geschwindigkeiten in einem bestimmten Punkte der Bahn“. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten sind festgelegt durch den Abstand zwischen dem Loch des ersten Funkens, von dem man mit Sicherheit sagen kann, daß es in der Bewegung (nicht in der Ruhelage) in den Streifen geschlagen ist, und dem Loch des zweiten Funkens, zwischen dem zweiten und dritten Funkenloch usw.

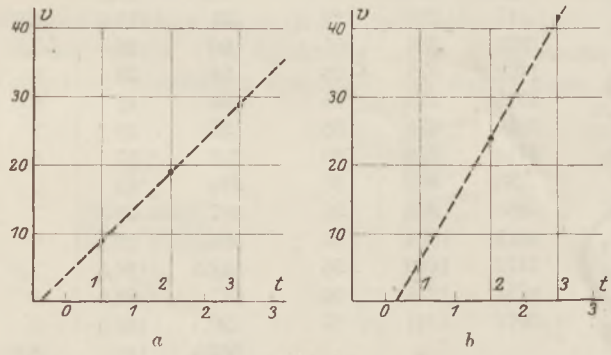

Fig. 4.

1. Zunächst ist das Geschwindigkeits-Zeitgesetz nachzuweisen. Trägt man auf Koordinatenpapier die in den einzelnen Zeiteinheiten gemessenen Wege als Ordinaten der Abszissen 1, 2, 3 usw. auf, die die 1., 2., 3. Zeiteinheit bedeuten, so ergibt sich, daß die Endpunkte der Ordinaten sehr genau auf einer Geraden liegen. Diese Gerade stellt die Abhängigkeit zwischen der Durchschnittsgeschwindigkeit und der Zeit dar. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten nehmen in gleichen Zeiten um die gleiche Größe zu.

Die wirkliche Geschwindigkeit des bewegten Körpers ist gleich dem Grenzwert, dem sich die Durchschnittsgeschwindigkeit bei kleiner werdender Zeiteinheit nähert. Das Gesetz der gleichmäßigen Zunahme der Durchschnittsgeschwindigkeit ist unabhängig von der Länge der gewählten Zeiteinheit, was in einem gewissen Bereich durch Versuche mit anderen Zeiteinheiten leicht dargetan werden kann, wenn man das für notwendig erachtet. Für die experimentelle Ableitung des Geschwindigkeits-Zeitgesetzes ist es durchaus ausreichend, aus den vorliegenden Gesetzmäßigkeiten die wirkliche Geschwindigkeit als den Mittelwert aus zwei benachbarten Durchschnittsgeschwindigkeiten aufzufassen, wie man ja auch die Durchschnittsgeschwindigkeit als den Mittelwert aus den wirklichen Geschwindigkeiten zu Anfang und zu Ende der betreffenden Zeiteinheit auffassen kann. (Bei ungleichmäßiger Zunahme der Geschwindigkeit ergibt sich dabei ein Fehler, der durch geeignete Wahl der Zeiteinheit unter die Versuchsfehler gedrückt werden kann.) Ob es nötig ist, bei der Auswertung der Meßergebnisse diese Fragen ausführlich zu erörtern, ergibt sich aus der persönlichen Einstellung dazu.

Für das Verständnis des Schülers halte ich in diesem einfachen Falle folgendes Verfahren für angebracht: Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist der Mittelwert der wirklichen Geschwindigkeiten des Körpers zu Anfang und am Ende der Zeiteinheit. Sie kommt der wirklichen Geschwindigkeit am nächsten, die der Körper in der Mitte der Zeiteinheit besitzt. Demgemäß entspricht in der graphischen Darstellung der Ordinate in 1 nicht der Zeitpunkt 1, sondern $^1/_2$, der Ordinate in 2 der Zeit-

punkt $1^1/_2$ usw. Bezogen auf diese neuen Abszissenwerte, stellt die Gerade dann das wirkliche Geschwindigkeits-Zeitgesetz dar, soweit es aus dem Experiment ersichtlich ist.

Verlängert man nun die Gerade bis zum Schnitt mit der Abszissenachse, so ergibt sich daraus der Anfangspunkt der Bewegung. In Fig. 4 sind zwei Beispiele stark verkleinert dargestellt: Freier Fall (Tabelle 4) und Bewegung auf der schiefen Ebene (Tabelle 5). Aus dem ersten Beispiel ergibt sich, daß die Bewegung 0,3 Zeiteinheiten vor Beginn der Zählung der Zeiteinheiten, in dem zweiten Beispiel 0,2 Zeiteinheiten nach Beginn der Zählung begonnen hat. Aus der Neigung der Geraden ergibt sich die Beschleunigung a und damit das Gesetz:

$$v = a \cdot t.$$

2. Nun kann zur Feststellung der Beziehungen zwischen Weg und Zeit geschritten werden. Aus dem Geschwindigkeits-Zeitgesetz ergibt sich, daß für das erste Beispiel der Beginn der Bewegung 1,3 Zeiteinheiten vor dem Zeitpunkt liegt, in dem der Körper die Strecke 8 zurückgelegt hat, im zweiten Falle liegt der Zeitpunkt des Beginns der Bewegung 0,8 Zeiteinheiten vor dem Zeitpunkt, in dem der Körper den Weg 6 zurückgelegt hat. Dividiert man nun die gemessenen Wege durch die Quadrate der Zeiten, die seit Beginn der Bewegung verflossen sind, so ergibt sich eine Gesetzmäßigkeit, wie sie die nachstehenden Tabellen zeigen:

Tabelle 4.

Freier Fall

s	t	t^2	s/t^2
8,0	1,3	1,7	4,7
26,2	2,3	5,3	5,0
54,7	3,3	10,9	5,0
93,3	4,3	18,5	5,0
140,2	5,3	28,1	5,0
197,5	6,3	39,7	5,0
264,6	7,3	53,3	5,0
341,6	8,3	68,9	4,95
428,5	9,3	86,5	4,95
525,3	10,3	106,1	4,95
631,7	11,3	127,7	4,95
747,7	12,3	151,3	4,95
873,1	13,3	176,9	4,94
1007,2	14,3	204,5	4,93
			etwa 4,95

Tabelle 5.

Schiefe Ebene

s	t	t^2	s/t^2
6	0,8	0,64	9,4
29,5	1,8	3,24	9,1
72	2,8	7,84	9,2
133	3,8	14,44	9,2
211,5	4,8	23,04	9,18
308,5	5,8	33,64	9,17
423	6,8	46,24	9,14
558	7,8	60,84	9,17
710,5	8,8	77,44	9,17
883	9,8	96,04	9,16
1074	10,8	116,6	9,2
1279,5	11,8	139,2	9,2
1502	12,8	163,8	9,17
			etwa 9,2

Diese Gesetzmäßigkeit kann ausgesprochen werden in der Form: Der Quotient aus dem zurückgelegten Weg und dem Quadrat der verflossenen Zeit ist eine Konstante.

Ein Vergleich dieser Konstante mit der Konstante des Geschwindigkeits-Zeitgesetzes ergibt, daß die hier auftretende Konstante halb so groß wie dort ist.

$$4{,}95 \text{ entspricht } 9{,}85/2 = 4{,}93$$
$$9{,}2 \text{ entspricht } 18{,}2/2 = 9{,}1.$$

Die Zeit, die für eine Aufnahme in Anspruch genommen wird, ist klein genug, um zu erlauben, daß für jede Bewegungsart mehrere Versuche gemacht und ausgewertet werden. Die Einrichtung kann sogar im Praktikum benutzt werden, wenn man die Apparatur zur Auslösung der Funken für alle Schüler gemeinsam benutzt, und liefert dann soviel Versuche wie Schülergruppen arbeiten. Ergibt sich nun aus allen Versuchen, daß die eine Konstante doppelt so groß wie die andere ist, so kann aus den Experimenten gefolgert werden, daß

$$\frac{s}{t^2} = \frac{a}{2}$$

ist, oder $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Ich habe das Verfahren ausführlich geschildert, um Mißverständnissen zu begegnen. Für die Unterstufe ist ein großer Teil des hier Vorgebrachten entbehrlich, weil die Anschaulichkeit der Gesetzmäßigkeit, die die Meßergebnisse in ihren langen Reihen bieten, dafür ausreicht. Auf der Oberstufe erhält die Ableitung den Charakter der experimentellen Bestätigung der Gesetze, wenn man theoretisch die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung abgeleitet hat. Ich stelle auch auf der Oberstufe das Experiment voran. Auf der Oberstufe ist es dann auch weiter möglich, die auf die Sekunde bezogenen Werte der Beschleunigung aus den Versuchsergebnissen zu berechnen und so den ganzen Kreis der Beobachtungen abzuschließen [1]).

Über Versuche mit Lichtstrahlen und deren photographische Aufnahme.

Von **H. J. Oosting** in den Helder, Holland.

1. Das virtuelle Bild eines leuchtenden Punktes bei einem ebenen Spiegel.

Es ist wünschenswert, im Unterricht nicht nur durch Winkelmessungen zu zeigen, daß der reflektierte und der einfallende Strahl mit der Normalen zur spiegelnden Ebene gleiche Winkel bilden, sondern auch zu demonstrieren, daß das virtuelle Bild eines Punktes bezüglich der Spiegelebene mit dem leuchtenden Punkt symmetrisch liegt. Zu diesem Zweck sind Methoden angegeben worden von Wiedemann und Ebert *(d. Zeitschr. 4, 170; 1891)* und von H. Hahn *(d. Zeitschr. 17, 75; 1904)*, welche für Schülerübungen geeignet sind, aber nicht für Demonstration in der Stunde oder bei einem Vortrag. Hartl [2]) *(d. Zeitschr. 10, 237; 1897)* hat bei seiner optischen Scheibe eine Methode angegeben, welche für Demonstration des Gesetzes geeignet ist. Dabei fallen die von einer Spalte ausgehenden divergierenden Lichtbündel auf einen ebenen Spiegel, und man sieht die zurückgeworfenen Bündel divergieren, als ob sie von einem hinter der Spiegelebene liegenden Punkt kämen. Über die Lage dieses Punktes kann bei Hartls Experiment nur eine Schätzung gemacht werden. Dasselbe gilt bei dem von Kolbe *(d. Zeitschr. 19, 4; 1906)* beschriebenen Versuch.

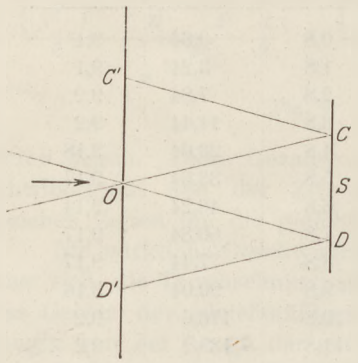

Fig. 1.

Weiter sind mir noch einige einfache und hübsche Demonstrationsmethoden bekannt von Silvanus Thompson [3]), Baur [4]) und Stromann *(d. Zeitschr. 21, 112; 1908)*. Im nachfolgenden werde ich eine neue Methode beschreiben, die einige Ähnlichkeit mit den Methoden von Hartl und von Kolbe hat, aber einen genauen Schluß auf die Lage des Bildes zuläßt.

[1]) Anm. des Herausgebers. Es sei darauf hingewiesen, daß Gg. Heinrich *i. d. Zeitschr. 30 (1917) S. 18* einen „einfachen Freifallapparat für den Lehrer- und Schülerversuch" beschrieben hat, der den gleichen Grundgedanken mit noch einfacheren Mitteln verwirklicht.

[2]) Die Erfindung ist bereits von P. Szymanski *(d. Zeitschr. II, 62)* und Le Coute Stevens *(d. Zeitschr. II, 87)* angegeben worden.

[3]) Silvanus P. Thompson, Light, visible and invisible, S. 23 (1897). Ankündigung der deutschen Ausgabe in *d. Zeitschr. 11, 301; 1898.*

[4]) Nach Frick-Lehmann, Physikalische Technik. 6. Aufl. Bd. 2, S. 769. Siehe auch Rosenberg, Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre, 2. Aufl. 1. S. 319.

Auf eine kleine Öffnung O von etwa 1,5 mm in einem Schirm A (Fig. 1) wird Sonnenlicht oder elektrisches Bogenlicht konzentriert. Der von O ausgehende Lichtkegel fällt auf einen ebenen Spiegel S und wird nach dem Schirm A zurückgeworfen. Dieser Schirm besteht aus Zinkblech und ist kreisförmig mit einem Durchmesser von 30 cm oder mehr. Die Seite des Bleches, welche dem Spiegel S zugewendet ist, ist mit weißem Papier überzogen und über den vertikalen Durchmesser der Scheibe ist an dieser Seite eine Millimeterteilung auf weißem Papier geklebt. Diese Teilung hat in der Mitte eine runde Öffnung, etwas größer als die Öffnung im Zinkblech. An dieser Teilung kann man den Durchmesser $C'D'$ des kreisförmigen Durchschnittes des reflektierten Lichtkegels ablesen. Durch Anlegen einer Millimeterteilung, ebenfalls auf weißem Papier, an den Spiegel S mißt man den Durchmesser CD des kreisförmigen Lichtfleckes an dem Spiegel. Man findet dann $C'D' = 2\,CD$, woraus folgt, daß die Spitze des Kegels des zurückgeworfenen Lichtes mit O symmetrisch bezüglich der spiegelnden Ebene liegt. Für den Spiegel S habe ich schwarzes Marmorglas genommen oder eine abgedrehte, polierte und nachher vernickelte Messingplatte. Der beste Spiegel ist aber ein an der Vorderseite versilberter Spiegel, den ich im Jahre 1912 von der Firma R. Fueß in Berlin-Steglitz erhalten habe. Nimmt man gewöhnliches Spiegelglas, das an der Hinterseite belegt ist, dann findet man $C'D'$ ein wenig größer als $2\,CD$ und die kreisförmigen Lichtflächen sind weniger scharf begrenzt.

Den Lichtkegel erhalte ich in derselben Weise wie für die Ausführung der Schlierenmethode nach Dvořák [1]). Bei Verwendung von elektrischem Bogenlicht kann man in nachfolgender Weise verfahren. Von dem Kondensor der Projektionslaterne wird eine der Linsen entfernt und nur die andere verwendet. Vor diese Linse wird in den Schieber für Laternenbilder ein Zinkblech mit einer kreisrunden Öffnung von 33 mm Durchmesser gesetzt, um ein scharf begrenztes Lichtbündel zu haben. Das aus zwei achromatischen Linsen bestehende Projektionsobjektiv, dessen äquivalente Brennweite 10 cm ist, erhält seinen gewöhnlichen Platz. Bei dem gewöhnlichen Gebrauch des Projektionsapparates, mit dem vollständigen Kondensor für die Projektion von Laternenbilder, wird ein Bild der Kohlenspitzen mit dem Lichtbogen zwischen den beiden Linsen des Objektives gebildet und es kommt aus dem Objektiv ein divergierendes Lichtbündel. Jetzt, bei Verwendung von nur einer Kondensorlinse, tritt aus dem Objektiv ein konvergierendes Lichtbündel und wird ein kleines Bild der Kohlenspitzen mit dem Lichtbogen in einer Entfernung von einigen cm gebildet. Die Öffnung O des Schirmes A von Fig. 1 wird nun in das Bild des Kraters der positiven Kohle gesetzt. Man kann es so einstellen, daß $C'D'$ das Bild der runden Öffnung im Zinkblech ist. Dazu lasse ich erst den Schirm A und den Spiegel S weg und stelle das Objektiv so ein, daß das Bild der runden Öffnung auf einen Hilfsschirm in passender Entfernung fällt. Dann wird der Schirm A an seinen Platz gesetzt und der Spiegel S in die Mitte zwischen A und dem Hilfsschirm. Das beschriebene Experiment läßt verschiedene Abänderungen zu. Auf einen Spiegel von schwarzem Glas habe ich zwei kleine runde Stücke schwarzes Papier, 4 mm im Durchmesser (aus dem Papier mittels eines Kochbohrers gestochen) in der Weise aufgeklebt, daß der Abstand der Mittelpunkte 10 cm beträgt. Auf dem Schirm A erhält man dann in dem kreisförmigen Lichtfleck zwei schwarze Flecken, wobei der Abstand der Mittelpunkte 20 cm beträgt. Auch kann man den Spiegel ganz mit schwarzem Papier belegen, worin zwei runde Löcher gestochen sind, und man erhält dann auf dem Schirm A zwei runde Lichtflecke. Ich habe die kleinen runden Papierstückchen an der einen Fläche des schwarzen Spiegels, das Papier mit den Löchern an der anderen Seite angebracht und kann nun die eine oder die andere Fläche verwenden.

[1]) *D. Zeitschr. 21, 17; 1908.* Auch für Experimente über Schattenbildung ist dieser Lichtkegel zu empfehlen.

2. Eine allgemeine Methode, divergierende Lichtbündel zu erhalten.

Auch eine andere Abänderung des im vorhergehenden beschriebenen Versuches ist möglich, die mir wichtig scheint, weil sie auch für andere Zwecke dienen kann. Bei meiner Vorrichtung kann man nämlich mit Leichtigkeit statt des Lichtkegels COD verschiedene divergierende Lichtbündel erhalten, für welchen Zweck Hartl *(a. a. O.)* ein System von Zylinderlinsen nötig hat, und wozu Kolbe *(a. a. O.)* eine elektrische Glühlampe, umgeben von einem Zylinder mit Spalten verwendet. Für den Versuch mit dem Planspiegel brauche ich nur zwei Lichtbündel. Um diese zu erhalten, wird einfach statt des oben genannten Zinkbleches mit der großen Öffnung eine Platte mit zwei runden Löchern oder horizontalen Spalten angebracht. Es seien jetzt in Fig. 1 OC und OD die zwei durch die Öffnung O gehenden Lichtbündel, so gilt wieder $C'D' = 2\,CD$. Die Lichtbündel selbst sind durch Zigarrenrauch zu zeigen [1]). Endlich kann man statt des Schirmes A auch eine vertikale Millimeterteilung aufstellen [2]), wobei in der Mitte seitlich ein Blech mit der Öffnung O angebracht ist.

3. Photographische Aufnahmen.

Mit der letzten Anordnung habe ich den Versuch photographiert (Fig. 2). Die photographische Aufnahme ist nach folgendem Verfahren ausgeführt, das von mir im Oktober 1911 zum ersten Male angewendet ist. Die Aufnahme wird in zwei Teilen gemacht. Erst wird bei Tageslicht eine kurze Aufnahme gemacht mit einer kleinen Diaphragmenöffnung im photographischen Apparat. Danach wird im verdunkelten Zimmer auf derselben lichtempfindlichen Platte eine Aufnahme gemacht mit längerer Expositionsdauer und während dieser Aufnahme wird Zigarrenrauch in die Lichtbündel geblasen. Um die Dauer der zweiten Aufnahme nicht allzulang zu machen, wurde die Diaphragmenöffnung des photographische Objektives dabei vergrößert. Auch war es nötig, bei solchen Aufnahmen in der Laterne eine Zinkplatte mit horizontalen Spalten anzuwenden. Der Vorteil von horizontalen Spalten vor kleinen Öffnungen liegt auf der Hand. Als Beispiel erwähne ich, daß die Expositionsdauer bei Tageslicht 5 Sekunden und bei verdunkeltem Zimmer 15 Minuten betrug, indem die Flächengröße der Diaphragmenöffnung bei der zweiten Aufnahme viermal größer war als bei der ersten Aufnahme. Dies würde bei gleicher Diaphragmenöffnung für die Aufnahme im Dunkeln eine 720mal größere Expositionsdauer bedingen als für die Aufnahme im Tageslicht.

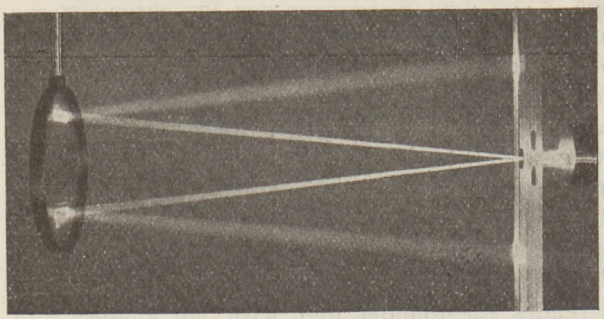

Fig. 2.

Bei der photographischen Aufnahme ist die Achse der Kamera horizontal gestellt und senkrecht zu der vertikalen Ebene durch die Achse des Objektives des Projektionsapparates.

4. Andere Anwendungen der divergierenden Lichtbündel und des beschriebenen photographischen Verfahrens.

Dasselbe einfache Verfahren kann angewendet werden bei sphärischen Spiegeln, Linsen und Linsensystemen. Ich gebrauche dabei Zinkplatten mit 2, 3 oder 5 hori-

[1]) Für verschiedene Versuche habe ich ein Blech mit einer langen Spalte. Setzt man dieses Blech mit der Spalte vertikal zugleich mit dem Bleche mit horizontalen Spalten in den Schieber, so hat man dasselbe wie ein Blech mit kleinen Öffnungen.

[2]) Ich gebrauche eine Holzskala von Hartmann und Braun mit einem Papierstreifen, der erst nach dem Beziehen genau geteilt ist.

zontalen Spalten. Die Divergenz der Lichtstrahlen kann verändert werden durch Entfernung der vorderen oder der hinteren Linse des Kondensors[1]) oder durch die Verwendung von Zinkplatten mit verschiedenem Spaltenabstand. Als sphärische Spiegel genügen Spiegel aus gewöhnlichem Spiegelglas. Mein Hohlspiegel hat einen Durchmesser von 19 cm und einen Krümmungsradius von 65 cm. Dieser Radius ist zu finden, wenn man den Spiegel so stellt, daß das Bild des leuchtenden Punktes O wieder in O fällt und die reflektierten Bündel mit den einfallenden Strahlenbündeln zusammenfallen.

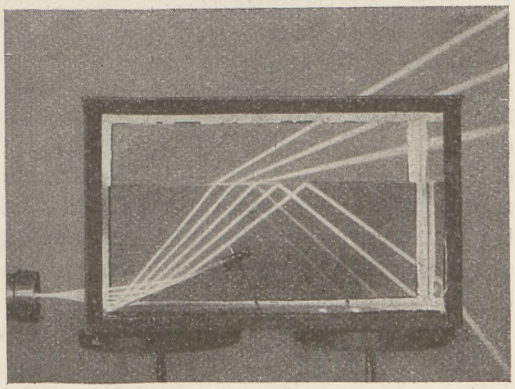

Fig. 3. (3/4 des Originals).

Als weiteres Beispiel nenne ich einen Versuch über die totale Reflexion an der Trennungsfläche zwischen Wasser und Luft. Dieser Versuch liefert ein besonders schönes photographisches Bild. (Fig. 3.)

In den Jahren 1918 und 1920 habe ich eine Sammlung von 31 Photographien dieser Art angefertigt. Die Sammlung ist in Autotypie mit erläuterndem Text (in Holländisch, Deutsch, Englisch oder Französisch) bei dem Herausgeber J. B. Wolters, den Haag und Groningen, erschienen. Auch habe ich von den Negativen sehr gut gelungene Laternenbilder angefertigt. Diese sind zu beziehen von Newton & Co., Ltd. 37 Kingstreet, Covent Garden, London W. C. 2. Meine photographischen Negative sind nicht retuschiert[2]).

Versuche aus der physiologischen Optik.

Von Seminarlehrer **S. Janß** in Uetersen (Holstein).

1. Zur Akkommodation. Anleitung zur Demonstration der akkommodativen Krümmungsänderung der weichen Kristallinse habe ich in der Literatur für den physikalischen Unterricht nur bei Fr. C. G. Müller[3]) gefunden. Dort steht: „Damit sich die Schüler von der Existenz solcher Spiegelbilder überzeugen, läßt man die einen die Augen nach dem Fenster wenden und die andern versuchen, darin neben dem leicht sichtbaren aufrechten Spiegelbild an der Hornhaut auch ein aufrechtes und umgekehrtes Bild des Fensters im Rahmen der Pupille zu sehen.“ In bezug auf das durch die vordere Linsenfläche erzeugte Bild gelingt das aber nur sehr schwer; in der Nähe der Fenster ist die Beobachtung unmöglich, weil das Bild unter einem größeren Sehwinkel erscheint als die Pupille.

Durch eine einfache Anordnung kann man aber nicht nur die Reflexe leicht sichtbar machen, sondern auch ihre Größenänderung beim Wechsel der Akkommodation sicher demonstrieren. Das Schema der Anordnung ist nach Helmholtz[4]) folgendes, Fig. 1. Das beobachtete Auge O_1, der Nahpunkt N (15 cm von O_1 entfernt) und

---

[1]) Meine Laterne hat einen Tripel-Kondensor. Bei den meisten Versuchen wurde davon die Linse entfernt, welche der Lichtquelle am nächsten liegt.

[2]) Inzwischen ist meine Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden, daß auch in Grimsehl, Lehrbuch der Physik, Ausgabe 1914, Reproduktionen photographischer Aufnahmen von Versuchen mit Lichtstrahlen vorkommen. Die Lichtbündel sind aber nicht nach meiner Methode erhalten und die Photographien nicht nach meiner Methode angefertigt. Auch ist an den Bildern vieles retuschiert.

[3]) Technik, S. 201.

[4]) Physiol. Optik, 3. Auflage, S. 120ff.

Fernpunkt F (mindestens 3 m Abstand von O_1) liegen auf einer Geraden. Die Lichtquelle J spiegelt sich an der Hornhaut und den beiden Linsenflächen; die Reflexe werden von O_2 beobachtet.

Eine Schwierigkeit liegt zunächst in der Wahl des Winkels α; von α hängt ab, ob alle Reflexe gleichzeitig sichtbar sind. Vor allem ist aber der Reflex der vorderen Linsenfläche nicht leicht zu finden, und er ist doch der wichtigste. Beides erreicht man, wenn man einen kleinen Apparat (Fig. 2) anfertigt; die in Fig. 2a angegebenen Maße beziehen sich auf das linke Auge. P entspricht nicht F von Fig. 1, sondern über N und P hinweg soll nach F visiert werden. A bestimmt die Richtung, in der die Reflexe zu suchen sind. Die Lichtquelle J muß intensiv sein und vorteilhaft eine solche Form haben, daß zu erkennen ist, ob die Bilder aufrecht oder umgekehrt sind. Zu dem Zweck wähle ich drei parallel geschaltete Glühbirnen für Taschenlampen, die von zwei Akkumulatoren gespeist werden (dreieckiges Brett, dünner als die Länge des Lampengewindes, hinten Blech mit Klemmschraube, Fassungen auf dem Gewinde aus blankem Kupferdrahtwickeln, Spiralen in den $2^1/_2$ und 4 cm voneinander entfernten Durchbohrungen festleimen, freie Enden zu einer Klemmschraube). N, P, A und Mitte von J müssen gleiche Höhe haben. Alles ist geschwärzt, damit der Hornhautreflex dieses Apparats nicht stört.

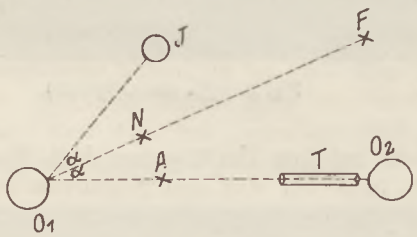

Fig. 1.

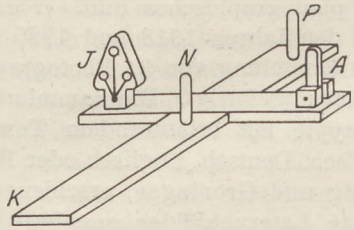

Fig. 2.

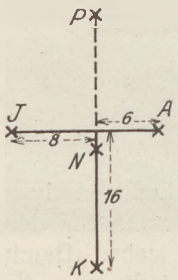

Fig. 2a.

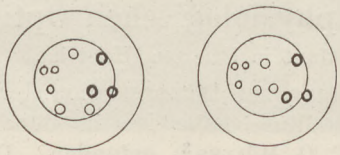

Fig. 3.

Die Aufstellung geschieht folgendermaßen. Als Fernpunkt F wählt man etwa ein deutliches Kreidezeichen auf der Wandtafel; den Apparat stellt man so, daß die Spitzen von N und P mit F auf einer Geraden liegen. Gegen K legt der beobachtete Schüler seinen Kopf, so daß er über N und P nach F visiert. Man wählt einen Schüler mit recht weiter Pupille und großem Abstand der Augenlider. Über A hinweg sieht man sofort die Reflexe, schematisch dargestellt in Fig. 3a und b, befreit von perspektivischer Verzerrung. Fig. 3a erhält man bei Akkommodation auf F; man erkennt von rechts nach links nebeneinander: den hellen, aufrechten Hornhautreflex — den erheblich schwächeren, aufrechten Reflex von der vorderen Linsenfläche, größer als der Hornhautreflex — den etwas stärkeren, umgekehrten, kleinen Reflex von der hinteren Linsenfläche. — Beim Akkommodationswechsel von F nach N sieht man deutlich den Übergang von 3a in 3b[1]).

Durch Vergrößerung gewinnt die Demonstration an Deutlichkeit, wenn man mit Hilfe eines kleinen, recht weit ausziehbaren Fernrohrs T, Fig. 1, beobachtet. Man geht mit ihm in Richtung OA soweit zurück, daß die Pupille im Fernrohr scharf erscheint

[1]) Die geringe Änderung des Reflexes der hinteren Fläche macht sich ohne Meßinstrumente kaum bemerkbar, ist ferner nicht nur durch Krümmungsänderung der hinteren Fläche bedingt, sondern auch durch vermehrte Linsenwirkung (s. u.) infolge der schärferen Krümmung der vorderen Linsenfläche.

und A vor der Mitte der Pupille erscheint; A muß dann umklappbar sein (oder auch wohl etwas kürzer). Die Umkehrung durch das Fernrohr stört nicht.

Die Beobachtung durch jeden Schüler erfordert etwa 10 Sekunden; zur Aufstellung sind nicht 5 Minuten erforderlich. Das Tageslicht muß abgeblendet sein. —

Zur Verdeutlichung der Verhältnisse empfehlen sich folgende Versuche: a) An jeder bikonvexen Linse beobachtet man zwei Reflexe; derjenige durch die vordere Linsenfläche ergibt ein aufrechtes, der der hinteren ein umgekehrtes Bild. Das Bild der hinteren Fläche ist auch bei einer gleichseitigen Linse kleiner als das der vorderen, weil für dasselbe auch eine Linsenwirkung vorhanden ist. — Dieser Versuch lehrt, daß beim Akkommodationsversuch das umgekehrte Bild an einer konkaven Fläche (hintere Linsenfläche) entsteht, die beiden anderen an einer konvexen (Hornhaut, vordere Linsenfläche). Er macht aber auch darauf aufmerksam, daß aus der Größe der beiden Linsenbilder nicht ohne weiteres auf die Größe der Krümmungsradien geschlossen werden darf. — b) Taucht man die Linse in Wasser, so werden die Reflexe lichtschwächer, entsprechend dem geringeren relativen Brechungsexponenten. — Dadurch wird der Intensitätsunterschied des Hornhaut- und Linsenreflexes erklärt. Die Linse liegt zwischen Glaskörper und vorderem Kammerwasser ganz ähnlich wie im Wasser. — c) An stärker gekrümmten Linsen sind die Reflexe kleiner als an schwächer gekrümmten. — Dadurch erhält der Schluß auf die Größenänderung der vorderen Linsenfläche eine anschauliche Begründung.

2. Der Augenspiegel. a) Es ist nur ein Stück Spiegelglas von etwa 3×3 cm² erforderlich. In der Mitte entfernt man auf einem Kreise von etwa 5 mm Durchmesser den Belag mechanisch und mit Salpetersäure. J, Fig. 4, ist eine flächenhafte Lichtquelle (Kerze, Petroleumlampe, Birne mit Mattglas oder Seidenpapier) im Rücken des Beobachters, O_1 das beobachtete Auge; es muß auf Unendlich akkommodieren. Den Spiegel bringt man im Interesse eines großen Gesichtsfeldes möglichst nahe an O_1; O_2, ebenfalls auf Unendlich akkommodiert und nahe am Spiegel, sieht durch die Öffnung nach O_1, und der Beobachter dreht den Spiegel so, daß die Mitte des Reflexes auf O_1 liegt. Dann sieht man den Augenhintergrund sofort und unmittelbarer als bei der Darstellung im reellen umgekehrten Bilde unter b. Dreht man den Spiegel unter Verschiebung etwas, so kann man nach und nach einen großen Teil übersehen.

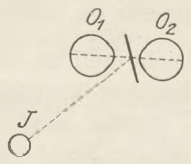

Fig. 4.

Der Gang der Lichtstrahlen ist folgender. Lichtstrahlen, die von einem Punkt der erleuchteten Netzhautstelle ausgehen, verlassen O_1 parallel und werden von O_2 auf dessen Netzhaut vereinigt, da beide Augen auf Unendlich akkommodieren.

Fr. C. G. Müller[1]) empfiehlt, die Verhältnisse des Augenspiegels an einer photographischen Kammer zu veranschaulichen. Dies ist unbedingt zu empfehlen. Nur sind Müllers Ausführungen zu dieser einfachen Anordnung nicht einwandfrei. Er schreibt über die Demonstration durch eine „photographische Kammer mit stark abgeblendetem Objekt, in dessen Brennweite eine offene Kassette mit eingelegtem bedrucktem Papierblatt gebracht wird“: „Indessen erkennt man so keine Einzelheiten des Kammerhintergrundes, weil das reelle Bild desselben hinter dem Beobachter zustande kommen würde.“ Wohl würde das reelle Bild hinter dem Beobachter entstehen, nämlich im Unendlichen; trotzdem kann das beobachtende Auge Einzelheiten erkennen, wenn es auf Unendlich eingestellt ist, entsprechend allen optischen Instrumenten für subjektive Beobachtung, in denen Lupe oder Okular zur Betrachtung eines optischen Gebildes in der Brennebene dienen, oder wie bei den bekannten Taschenspektroskopen. Wenn Müller keine Einzelheiten gesehen hat, so akkommodiert entweder sein Auge nicht auf Unendlich, oder es sind die Striche der Zeichnung bei der starken Abblendung des Objektivs zu dick gewesen. Man sieht nämlich die

[1]) Technik, S. 201—202.

Zeichnung wie bei einer Lupenbeobachtung vergrößert. Sind die Striche dann dick, so können sie unter einem größeren Sehwinkel erscheinen als die Öffnung, und man erkennt nichts, bemerkt aber sofort Einzelheiten, wenn man das Objekt nicht abblendet.

Hat die Lichtquelle nur eine geringe Ausdehnung und eine passende Form (Kerze, Petroleumlampe), so kann man sogar ganz deutlich das umgekehrte Bild derselben auf der Netzhaut sehen; es ist allerdings unscharf, weil O_1 nicht auf J, sondern auf unendlich akkommodieren muß. Vor einer Birne mit Mattglas oder Seidenpapier kann man leicht Zeichen anbringen, so daß die gleiche Beobachtung möglich wird. — Man kann nur den Teil der Netzhaut übersehen, der durch das unscharfe Bild beleuchtet wird. Danach scheint eine Lichtquelle von großer Fläche vorteilhaft zu sein. Mit der Ausdehnung von J nehmen aber auch die Störungen durch den Hornhautreflex zu. Man muß darum für jede Lichtquelle die passende Entfernung ausprobieren.

Zur Demonstration im Unterricht ist der Versuch wenig geeignet, da die richtige Bewegung des Spiegels eine wenn auch kurze Übung erfordert, ebenso die Akkommodation. Bei Einzelbeobachtung durch die Schüler kommt man wohl am besten zum Ziel, wenn man den Spiegel einklemmt und selbst so in den Spiegel sieht, daß das Loch vom Spiegel im Bild von J erscheint; dann können die Schüler verhältnismäßig leicht beobachten. Auch kann ein geschickter Schüler beobachtet werden; er muß aber vor der Stunde Anleitung erhalten, weil ihm die Akkommodation auf Unendlich, wenn die Aufmerksamkeit auf Loch und Lichtquelle gerichtet ist, nicht leicht gelingt. Besser ist es, man demonstriert in einem Fall und überläßt nach Müllers Vorschlag interessierten Schülern den Gebrauch des Spiegels fürs Haus. Übrigens sieht man das umgekehrte Bild der Lichtquelle auf der Netzhaut leichter als die Netzhautgefäße.

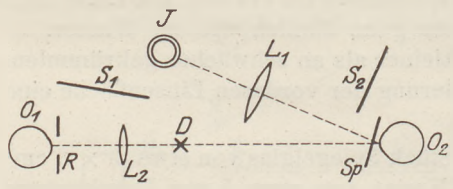

Fig. 5.

b) Anordnung nach Ruete[1]). Folgende Anordnung, entsprechend dem Augenspiegel von Ruete, führt bei einiger Geduld zum Ziel, Fig. 5. Alle Teile sind nicht starr miteinander verbunden, sondern einzeln in Stative geklemmt. — Flächenhafte Lichtquelle J, Beleuchtungslinse L_1 ($f_1 \approx 12$ cm, Durchmesser etwa 4—6 cm), Spiegel Sp (wie unter a) und Linse L_2 ($f_2 \approx 6$ cm) sind in gleicher Höhe so befestigt, daß das Bild von J auf L_2 entsteht, L_2 voll beleuchtet ist und L_2Sp mehr als $f_2 + 15$ cm beträgt.

Den günstigsten Ort für O_1 findet man folgendermaßen. Man befestigt eine kleine kreisförmige Blende R mit einer Durchbohrung von etwa 8 mm Durchmesser (Korkbohrer) in Höhe von L_2 und hinter L_2. Dann sieht O_2 sie auch; man entfernt sie nun so weit von L_2, daß für O_2 die Ränder von R am Linsenrande verschwinden wollen. O_1 sieht durch diese Blende, und der Kopf wird von einem Schüler so gehalten, daß das unscharfe Bild des Spiegels in der Mitte der Pupille liegt; letztere befindet sich dann ungefähr im Brennpunkt von L_2.

Unter diesen Verhältnissen erscheint das Bild der Netzhaut in der Brennebene von L_2. Bei der Beobachtung durch die Schüler stört der Hornhautreflex, und die Akkommodation von O_2 auf das Luftbild gelingt nicht leicht. — Die letzte Schwierigkeit läßt sich leicht beseitigen. In der Brennebene von L_2 bringt man einen dünnen Draht D an, den man von O_2 beobachten läßt. — Der Hornhautreflex ist unangenehmer, zumal er bei dieser Anordnung vergrößert erscheint (aus gleichem Grunde wie die Pupille, s. u.). Er läßt sich folgendermaßen vermindern. Man erweitert die Pupille künstlich mit Atropin[2]) und läßt das Licht durch Seitenteile der Pupille einfallen;

[1]) Helmholtz, phys. Optik, 3. Aufl., S. 194–225.

[2]) Dies ist durchaus ungefährlich, wenn man etwa einen Tropfen der Lösung 0,001 nimmt. Die Erweiterung der Pupille tritt nach ungefähr 10 Min. ein und dauert etwa drei Tage. Da in dieser Zeit die Akkommodation versagt, sieht das Auge alles unscharf.

dadurch wird das Licht durch die Hornhaut seitlich reflektiert und gelangt nicht nach O_2 (entsprechend der Bemerkung von Gullstrand[1]), daß bei der Photographie des Augenhintergrundes die eine Hälfte der Pupille für einfallendes Licht und die andere zur Abbildung benutzt wird).

Schiebt man den Draht D soweit aus der Zentrallinie nach der Nasenseite von O_1, daß er für O_1 gerade am Rande von L_2 verschwinden will, und läßt ihn von O_1 fixieren, so sieht O_2 den blinden Fleck im Gesichtsfeld, wenn auch nicht in der Mitte. S_1 und S_2 halten direktes Licht von O_1 und O_2 ab. —

Die Abbildung des Augenhintergrundes in der Brennebene von L_2 kommt folgendermaßen zustande. Vorausgesetzt ist Akkommodation auf Unendlich. Dann treten die von einem Punkt der Netzhaut ausgehenden Strahlen parallel aus: solche Strahlen werden aber von L_2 in der Brennebene vereinigt. — Die Linsenwirkungen sind dieselben wie bei einem Spektralapparat. O_1 entspricht dem Kollimatorrohr, bei dem auch der Spalt im Brennpunkt der Linse steht; auch verlassen die Strahlen das Rohr parallel und werden in der Brennebene des Fernrohrobjektives vereinigt. — Ist nicht auf Unendlich eingestellt, so liegt das Bild der Netzhaut etwas näher an L_2; das hat aber wenig Einfluß auf die Beobachtung.

Aus der eben angegebenen Lage des Bildes ergibt sich auch leicht die Vergrößerung; die Abstände und darum auch die Größen verhalten sich wie die Brennweiten, also ist $f_2 : 1{,}5$ die Vergrößerung, weil 1,5 cm die Brennweite des schematischen Auges ist; ist $f_2 = 6$ cm, so ist die Vergrößerung 4. Voraussetzung ist auch hier, daß O_1 auf Unendlich akkommodiert.

Die Strecke L_2Sp muß mindestens $f_2 + 15$ cm betragen, weil sonst O_2 nicht auf das Bild akkommodieren kann. Nimmt man die Strecke erheblich größer, so nimmt die Intensität des Bildes stark ab; man erkennt sehr bald nur noch die größeren Netzhautgefäße.

O_1 muß möglichst in der Brennebene von L_2 sein, weil das Gesichtsfeld entweder durch die Pupille oder den Rand von L_2 begrenzt wird, je nachdem was für O_2 unter dem größeren Gesichtswinkel erscheint. Ist O_1 in der Brennebene, so ist das Bild der Pupille unendlich groß; folglich hat das Gesichtsfeld die größtmögliche Ausdehnung, begrenzt durch den Linsenrand. — Leider erscheint dann auch der Hornhautreflex vergrößert, so daß er häufig das ganze Gesichtsfeld überstrahlt.

Der abgebildete Teil der Netzhaut wächst, wie leicht ersichtlich, mit dem Verhältnis vom Durchmesser d zu f_2. Er ist annähernd gleich dem Zerstreuungskreis von L_2 auf der Netzhaut, also $\frac{d \cdot 1{,}5}{f}$; ist $d = 2{,}5$ cm, so ist ein Kreis von 6 mm Durchmesser sichtbar. —

Müller empfiehlt für die Demonstration durch eine photographische Kammer, die Linse dem Objektiv der Kammer (und dann wohl auch dem Auge) nahe zu bringen. Nach dem Dargestellten dürfte einleuchtend sein, diesen Vorschlag nicht zu befolgen; denn das in diesem Fall kleine Bild der Blende oder Pupille begrenzt ein kleines Gesichtsfeld; außerdem ist die Lichtmenge, die in O_1 gelangt, geringer als bei der von Helmholtz empfohlenen Stellung. — Auch befürwortet Müller, eine starke Sammellinse L_2 zu nehmen; das ist weder notwendig noch wünschenswert; je stärker die Linse, desto kleiner erscheinen die Gebilde der Netzhaut, weil $f_2 : 1{,}5$ die Vergrößerung ist; auch die Augenstellung ist dann sehr empfindlich. —

Die Anordnung nach Fig. 5 hat gegenüber der nach Fig. 4 den Vorteil, daß sie ein größeres Gesichtsfeld liefert, eine sichere Aufstellung enthält und die Akkommodationsschwierigkeiten vermeidet. Die einfache Beobachtung unter a) dagegen erweckt den Eindruck größerer Unmittelbarkeit, gestattet das umgekehrte Netzhautbild sichtbar zu machen, und die Netzhautgefäße erscheinen stärker vergrößert, wenn

[1]) Helmholttz, a. a. O.

man nicht f_2 unter b) groß wählt, wodurch wieder Intensität und Akkommodation leiden. Für Einzeldemonstration in der Klasse ist die Anordnung nach Fig. 5 mehr geeignet als die nach Fig. 4. Es eignen sich aber durchaus nicht alle Augen gleich gut. Das starke Licht macht auch einen Wechsel für O_1 notwendig. —

Hiermit ist ein Weg gezeigt, um die Akkommodation auf das Luftbild zu erleichtern, um den lästigen Hornhautreflex herabzusetzen und um den günstigen Augenort auch mittels ungeschulter Schüler zu sichern.

Kleine Mitteilungen.

Behelfsmäßige Versuchsanordnung zur Feststellung der scheinbaren Gewichtsänderung abwärts oder aufwärts beschleunigter Massen.

Von **Friedrich C. G. Müller**, Berlin-Lichterfelde.

1. Die Fig. 1 zeigt eine improvisierte POGGENDORFF sche Fallmaschine. Auf der linken Schale einer am linken Ende des Experimentiertisches möglichst hoch aufgestellten Tafelwage A ist mittels Draht ein Bänkchen festgebunden, dessen verlängertes Deckbrett auf seinem gabelförmig ausgeschnittenen Ende eine Rolle C trägt. Ein Gegengewicht D bringt die Wage zum Einstehen. Am anderen Tischende wird eine zweite Rolle in gleicher Höhe und Ebene wie C in Stellung gebracht. Über beide Rollen führt man einen Faden und hängt auf jeder Seite daran das gleiche Gewicht M, sagen wir 100 g. Nun muß zur Wiederherstellung des Gleichgewichts zu D noch ein 100 g-Stück gestellt werden. Darauf hängt man links zu M ein Übergewicht m, sagen wir 50 g, verhindern aber ein Herabsinken durch Festbinden der rechthängenden Masse M am Fußboden. Natürlich müssen nun zu D noch 50 g gelegt werden, um Einstand der Wage herbeizuführen. — Was wird geschehen, wenn der Haltefaden abgebrannt wird? Genau wie bei der Atwoodschen Fallmaschine wird sich das Massensystem mit der Beschleunigung $gm/2M + m$ in Bewegung setzen, in unserem Beispiel $g \cdot 50/250$. Aber als neu kommt hinzu, daß die linke Seite der Wage emporschnellt und man nahezu 20 g zulegen muß, um das Mindergewicht auszugleichen. Die Spannung im Faden beträgt also 120 g, obwohl links 150 g, rechts 100 g daran hängen.

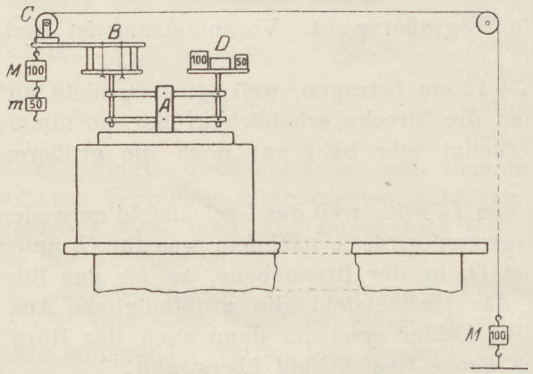

Fig. 1.

Um nämlich der Masse 100 auf der rechten Seite eine Beschleunigung $g/5$ zu erteilen, muß nach dem Grundgesetz $k = b\,m$ eine Kraft $g/5 \cdot 100 = g \cdot 20$ in Wirkung treten. Beim Emporziehen muß der Faden also nicht nur die daran hängenden 100 g tragen, sondern noch 20 g mehr hergeben.

Links sinkt die Masse 150 mit der nämlichen Beschleunigung, entsprechend einem abwärts gerichteten Zug von $150 \cdot g/5 = 30\,g$. Der Faden hat also 150—30 g zu tragen. Die Last erscheint um 20 g vermindert.

Bringt man das Übergewicht auf die rechte Masse, so wird bei Ausführung des entsprechenden Versuchs die linke Wagschale scheinbar um 20 g stärker belastet.

Wenn man den entsprechenden Versuch mit der Rolle C allein durchführt, wobei die $100 + 50\,g$ in der Hochstellung mittels eines Fadens an der Bank B zu befestigen sind, scheinen nach dem Abbrennen nicht 250 g, sondern nur $2 \cdot 120\,g$ an der Rolle zu hängen.

Die allgemeine Formel für die Fadenspannung während des Fallens an der Fallmaschine lautet

$$p = \frac{2\,M\,(M + m)}{2\,M + m}.$$

2. Auch beim Fallen auf der schiefen Ebene muß sich, ebenso wie beim Fallen in der Fallmaschine, eine scheinbare Gewichtsverminderung kundgeben. Der Fallkörper A Fig. 2 — am besten ein kleiner Wagen ohne erhebliche Reibung und Rollmoment — sei zunächst durch einen Faden an der schiefen Ebene festgehalten. Dann ist der statische Horizontalschub der Last $k = AB$ gegen die Ebene dargestellt durch DF, der Vertikaldruck durch AF. Nach dem Durchschneiden des Haltefadens wird sich der Druck der fallenden Masse infolge ihrer Beschleunigung gegen die Erde hin vermindern. Nun stellt AE diese Beschleunigung dar, wenn AB diejenige des freien Falls darstellt. Mithin ist das scheinbare Gewicht gleich $EB = k\cos^2\alpha$. Der Horizontalschub wird demnach $k = k \cdot \cos^2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha$, der Vertikaldruck $p = k \cdot \cos^2\alpha \cdot \cos^2\alpha$. Für die Neigungswinkel 30^0, 45^0, 60^0, berechnen sich die Faktoren wie folgt:

α	h	p
30	$3\sqrt{6}/16$	9/16
45	4/16	4/16
60	$\sqrt{3}/16$	1/16

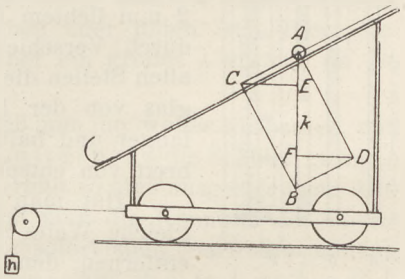

Fig. 2.

Die experimentelle Bestätigung dieser Beziehungen kann ebenfalls mit Hilfe der Tafelwage geschehen, auf deren einer Schale man ein nicht zu kurzes Brett unter einem Winkel von beispielsweise 30^0 befestigt, welches unten ein nachgiebiges Widerlager zum Auffangen des Rollkörpers trägt. Man stellt den Wagen am oberen Ende darauf, hackt ihn fest, und bringt die Wage ins Gleichgewicht. Im Augenblicke des Loslassens schnellt diese Seite der Wage kräftig empor. Setzt man Gewichte von einem Betrage geringer als 7/16 des Wagengewichts hinzu, so werden sie mit hochgehoben, während eine größere Mehrbelastung das Aufkippen verhindert. Selbstverständlich ist das Leichterwerden als solches noch kein Beweis eines dynamischen Gewichtsverlustes, sondern die Feststellung, daß der senkrechte Druck nicht gleich $AF = k \cdot \cos^2\alpha$ ist, in unserem Falle gleich 12/16 k, sondern $k\cos^4\alpha$, nämlich 9/16 k, also im Verhältnis 4/3 geringer als er seither unter Vernachlässigung des dynamischen Gesichtspunktes allgemein angenommen worden. Das Ergebnis dieses Versuchs ist also weniger unmittelbar, als bei der POGGENDORFFschen Fallmaschine.

Was schließlich den Horizontalschub betrifft, dessen Gesetz wegen seiner engen Beziehung zum Problem des Windmühlenflügels und zu ähnlichen Problemen eine größere technische Bedeutung hat, so läßt sich seine Größe mittels der in Fig. 2 skizzierten Versuchsanordnung bestimmen. Die theoretischen Werte sind nach obiger Zahlentafel für $\alpha = 30^0$ gleich 0,325 k, für 45^0 gleich 0,25 k, für 60^0 gleich 0,182 k. Aber es ist zu beachten, daß diese nur für den stillgehaltenen Wagen gelten. Sobald er dem Antrieb folgt, muß eine weitere Verminderung der horizontalen Schubkraft eintreten. —

Die in diesem Aufsatz beschriebenen Experimente sind auf meine Anregung von Herrn Dr. ALFRED WENZEL an meiner ehemaligen Wirkungsstätte in Brandenburg mit gutem Erfolg ausgeführt worden.

Die Meldesche Röhre, ihre Verwendung als Mariottescher Apparat und als Barometer.

Von Dr. **Alfred Ilgner**, Berlin.

Der übliche große Mariottesche Apparat ist so kompliziert und muß so vorsichtig behandelt werden, daß man ihn Schülern zu eignem (teilweise unbeaufsichtigtem) „Probieren" nicht in die Hand geben kann. Für solchen „Arbeitsunterricht" muß er durch einfache Hilfsmittel ersetzt werden. Der Verfasser benutzt dazu die sogenannte „Meldesche Röhre"[1], die obendrein den Vorzug hat, daß sie von den Schülern selbst mit geringer Mühe und ohne nennenswerte Materialkosten hergestellt werden kann.

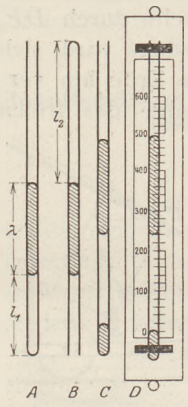

Fig 1.

1. Herstellung des Apparates. An Material wird gebraucht: 1. Ein Glasrohr von 50—60 cm Länge und höchstens 2 mm lichtem Durchmesser mit konstantem Querschnitt. (Prüfung durch Verschieben eines eingefüllten Quecksilberfadens, der an allen Stellen die gleiche Länge zeigen muß.) 2. Ein Streifen Spiegelglas von der Länge der Röhre und 2 cm Breite. 3. Ein ebenso langer und halb so breiter Streifen Millimeterpapier. 4. Ein Grundbrett von entsprechender Größe.

Hat man sich davon überzeugt, daß die Röhre überall die gleiche Weite hat, so schmilzt man, ohne den Quecksilberfaden zu entfernen, den man ungefähr in die Mitte der Röhre wandern läßt, diese an einem Ende zu, wobei man die Röhre horizontal hält, und am andern Ende mit dem Finger verschließt. Zeigt sich an dem geschlossenen Ende eine starke Abnahme des Röhrenquerschnitts, so bringt man durch vorsichtiges Schleudern des (erkalteten!) Rohres [unter Ausnutzung der Zentrifugalkraft, wie bei einem Fieberthermometer] einen Tropfen Quecksilber in die Spitze hinein und füllt diese so aus, wobei natürlich keine Luft mehr zwischen dem Glas und dem „Propfen" bleiben darf (Fig. 1c). Wenn der übrige Faden dabei zerreißt, was leicht vorkommt, so vereinigt man die einzelnen Teile durch Einführen eines dünnen Eisendrahts. Der Faden soll eine Länge von mindestens 10 - 15 cm haben, sonst werden die Messungen zu ungenau[2]; nötigenfalls füllt man später etwas Quecksilber nach unter Benutzung eines Kapillartrichters (auch eine Füllfederspritze ist ganz geeignet). — Wenn man das Rohr umlegt, darf von dem abgeschlossenen Raume her keine Luftblase zwischen Wand und Faden hindurchlaufen und entweichen; tritt dies ein, so ist das Rohr zu weit und unbrauchbar. Sind alle angegebenen Bedingungen erfüllt, ist der Apparat schon gebrauchsfähig. Um ihn bequem benutzen zu können, montiert man das Rohr auf einem Grundbrett unter Beifügung der Millimeterskala und unter Zwischenschaltung des Spiegelstreifens, um parallaktische Ablesefehler zu vermeiden. Man macht die Skala halb so breit wie den Spiegel, klebt beide aufeinander und befestigt darauf die Röhre so, daß ihre Längsachse über der Kante der Skala steht (Fig. 1d). Das Brett bekommt oben und unten je eine Öse zum Aufhängen.

2. Verwendung als „Mariottescher Apparat". Hängt man den Apparat in der „ersten Lage" auf (Öffnung nach oben, Fig. 1a), so steht die eingeschlossene Luftsäule (von der Länge l_1) unter dem äußeren Luftdruck b und unter dem Druck des Quecksilberfadens von der Länge λ; d. h. es ist in sofort verständlicher Bezeichnung

$$p = (b + \lambda) \text{ mm Hg } v_1 = l_1 \cdot q \text{ mm}^3$$

[1] Vergl. diese Zeitschrift Jahrgang I, 168 und XIII, 337; H. Hahn, Handbuch für physikalische Schülerübungen, S. 183.

[2] Hahn gibt in seinen „Freihandversuchen" an, die Länge sei halb so groß wie die dem mittleren Barometerstand entsprechende Quecksilbersäule. — Doch wird dadurch der Apparat sehr unhandlich, da die Röhre dann mindestens 75—80 cm lang sein muß.

In der zweiten Lage (Öffnung nach unten) wird entsprechend

$$p_2 = (b - \lambda), \qquad v_2 = l_2 \cdot q$$

Legt man den Apparat horizontal auf den Tisch, wird

$$p = b, \qquad v = l \cdot q$$

Wenn der Barometerstand b bekannt ist, läßt sich sofort zeigen, daß das Produkt $p_i \cdot v_i = \text{const}$ ist; d. h. es wird $b \cdot l = (b + l) \cdot l_1 = (l - \lambda) \cdot l_2$. Will man wirklich gute Zahlenwerte erhalten, so muß man die Werte von l sehr genau ablesen, da schon ganz geringe Fehler das Resultat stark beeinflussen. Außerdem tut man gut, eine größere Anzahl von Messungen mit verschiedener Fadenlänge λ zu machen. Diese kann man auf zwei Weisen erreichen. Entweder füllt man nach jeder Doppelmessung ein Paar Tropfen Quecksilber nach, oder man legt das Instrument auf eine schiefe Ebene, die verstellbar und mit einer Gradeinteilung versehen ist. Bildet sie mit der Horizontalen den Winkel α, so ist der Druck, unter dem die abgeschlossene Luft steht, $b \pm \lambda \cdot \sin \alpha$, je nachdem die Öffnung oben oder unten ist. Diese Methode ist bequemer als die des Nachfüllens, setzt aber ein großes λ voraus, da die Werte sonst zu ungenau werden.

3. Wertvoll wird der kleine Versuch dadurch, daß man ihn weiter ausbeuten, und durch seine Verwendung zur Bestimmung des Luftdrucks die Schüler zwingen kann, ihr Wissen anzuwenden und zu vertiefen. Man erhält so eine ausgezeichnete Aufgabenreihe für die Übungen auf der Oberstufe. Setzt man die Kenntnis des Boyle-Mariotteschen Gesetzes voraus, so läßt sich, wie man sofort sieht, nach Bestimmung von l_1 und l_2 der Barometerstand b leicht berechnen. Aus $(b + \lambda) \cdot l_1 = (b - \lambda) \cdot l_2$ folgt $b = \lambda \cdot \frac{l_2 + l_1}{l_2 - l_1}$ oder $b = c \cdot \lambda$, wenn man zur Abkürzung $\frac{l_2 + l_1}{l_2 - l_1} = c$ setzt.

Ein Zahlenbeispiel mag die Empfindlichkeit zeigen: Mit $\lambda = 72.5$ mm erhält man

$l_2 =$	231.1	231.0	231.1	231.0 mm
$l_1 =$	190 0	190.0	190.1	190.1 mm
$c =$	$\frac{421.1}{41.1}$	$\frac{421}{41}$	$\frac{421.2}{41}$	$\frac{421.1}{40.9}$
$b = \lambda \cdot c =$	742.83	744.46	744 82	746.67 mm

D. h., zwei gleichzeitige Ablesefehler von — 0.1 bezw. + 0.1 mm ergeben im ungünstigsten Falle für b bereits eine Differenz von fast 4 mm! — Übrigens wächst die Genauigkeit des Verfahrens mit wachsendem λ. Man darf also nicht zu kurze Fäden nehmen.

Diese Art der Luftdruckbestimmung ist eine Aufgabe, die sehr gut zur Begabungsprüfung zu brauchen ist. Man gibt einem Schüler, der den Apparat natürlich überhaupt noch nicht kennen darf, diesen in die Hand und verlangt ohne jede nähere Erklärung von ihm, er solle mit seiner Hilfe den Barometerstand bestimmen. — Ein Problem, das in dieser Fassung an das physikalische Können sehr große Anforderungen stellt und große Umsicht verlangt.

Der Verfasser pflegt in den Übungen die Arbeit mit diesem „Kapillarbarometer" mit einem mathematischen Problem zu verknüpfen, indem er die Zusammenhänge graphisch darstellen, und daraus eine Kurventafel bezw. ein Nomogramm herstellen läßt, die erlauben, aus den beiden Werten l_1 und l_2 für beliebiges λ sofort ohne Rechnung den Barometerstand abzulesen. Da beide Verfahren hier sehr einfach werden, ist dieser Aufgabenkreis sehr gut geeignet, die Schüler in das Wesen graphischer Methoden einzuführen und sie zur Herstellung solcher Hilfsmittel anzuleiten.

Eine Abänderung des Tyndall'schen Kontraktionsapparates.

Von Dipl.-Ing. **Huxdorff**, Assistent an der Landwirtschaftlichen Hochschule Bonn.

Der allgemein gebräuchliche Apparat, mit dem man in der Vorlesung die Kraftentwicklung erkaltender Eisenstäbe zu zeigen pflegt, ist der TYNDALL'sche Kontraktionsapparat. Was bei dieser Anordnung störend wirkt, ist zunächst das Anziehen der Mutter nach der Erwärmung des Eisenstabes, durch das man, je nach der aufgewandten Kraft, schon eine mehr oder minder große Vorspannung in den Stab vor Beginn der Abkühlung hineinbringt. Wenn man gar noch mit Hammerschlägen die Mutter anzieht — was auch schon vorgekommen ist — so werden die Kraftverhältnisse ganz unübersichtlich, und die Anschaulichkeit des ganzen Versuches leidet darunter. Ein weiterer Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß die im schmiedeeisernen Stab entstehende Kraft auf einen gußeisernen Bolzen wirkt und diesen durch Biegungsbeanspruchung zerbricht.

Im Institut für Physik und Maschinenkunde der Landwirtschaftlichen Hochschule Bonn-Poppelsdorf wurde der Tyndall'sche Apparat von Herrn Prof. Dr.-Ing. VORMFELDE für dessen technisch-physikalische Vorlesung derartig abgeändert, daß die erwähnten Nachteile vermieden wurden, eine Vereinfachung erreicht und zugleich die Längenausdehnung deutlich sichtbar gemacht wurde.

Der zu erwärmende Stab besteht aus Gußeisen und hat, wie aus Figur 1 ersichtlich, an seinem einen Ende einen 4-kantigen Kopf, an dem anderen Ende einen

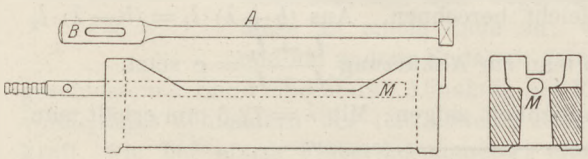

Fig. 1.

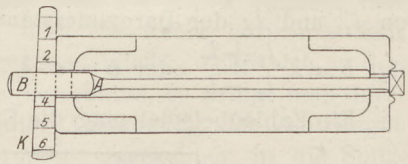

Fig. 2.

prismatischen Ansatz B mit einem Keilloch. Durch dieses wird bei Ausführung des Versuches ein Stahlkeil K (Fig. 2) geschoben, der mit einer Teilung versehen ist und es deshalb ermöglicht, die Dehnung während der Erwärmung auf Bruchteile von Millimetern genau zu verfolgen. Bei der Abkühlung wird der Stab durch seine eigene Kraft zerrissen. Als Wärmequelle dient Leuchtgas, das aus den Öffnungen eines Messingrohres M austritt.

Der Versuch ist natürlich auch in alter Weise mit diesem Apparat durchzuführen. Man kann dann die Anspannung mittels Keil beibehalten, muß aber einen Eisenstab wählen, der statt eines 4-kantigen Kopfes eine Öse hat, durch die der zu zerstörende gußeiserne Bolzen hindurchgeschoben wird. Seine Auflage findet dieser auf zwei an den Gußkörper angegossenen Stegen.

Falls Interesse für die Anschaffung des beschriebenen Apparates vorhanden ist, gibt das erwähnte Institut bei Anfragen gern nähere Auskunft über Anfertigungskosten und dergl.

Weitere Bemerkungen zum weißglühenden Aluminiumdraht.

Von C. **Hoffmann** in Ravensburg.

Meinen Angaben über den AUER VON WELSBACHschen Versuch des weißglühenden Aluminiumdrahts (*ds. Zeitschr. 35, 1922, S. 131*) möchte ich hier zwei Bemerkungen beifügen, die sich wieder auf Draht von 0,5 mm Dicke beziehen.

1. Die Länge des Drahtes zwischen den Klemmen betrug 124 mm, die Höhe der Mitte über der Unterlage 120 mm; wurde ein Strom bis zu 22,5 Amp. hindurchgeschickt, so glühte der Draht hell auf und die Mitte sank bis auf 105 mm herab. Der Draht verhält sich in diesem Zustand der Weißglut wie ein biegsamer Faden,

während er sich zuvor wie andere Drähte, die galvanisch erhitzt werden, verkrümmt. Schon hieraus kann man auf den veränderten Zustand des Aluminiums schließen. Der Strom wurde 15 Minuten lang hindurchgeschickt; wurde er dann plötzlich ausgeschaltet, so zeigte sich eine auffallende Erscheinung: der Draht zieht sich nicht etwa zusammen, sondern es erfolgt eine neue, mit einem Ruck einsetzende Verlängerung derart, daß die Mitte auf 101 mm herabsinkt. Der Draht erstarrt dann in der Form der Kettenlinie, er ist an den Befestigungsstellen, also an den Stellen plötzlicher Durchbiegung, dünn und sehr brüchig, sonst ziemlich fest (Dicke etwa 0,53 mm) und zeigt dabei jedesmal in der Mitte ein Kügelchen von reinem Aluminium: gerade die Bildung dieser aus der Oxydschicht heraustretenden Aluminiumkugel (Durchmesser etwa 1,23 mm) an der tiefsten Stelle ist ein augenfälliger Beweis dafür, daß sich das Metall zuvor in der Oxydröhre in geschmolzenem Zustand befand. Unerklärlich ist mir zunächst noch, welche Kräfte den Draht während des Stromdurchgangs in seiner kürzeren Gestalt erhalten und das geschmolzene Aluminium am Zusammenfließen im tiefsten Punkt verhindern.

2. Faßt man den durchgebogenen weißglühenden Draht als Kreisbogen auf, so kann man seine Länge, damit die Längenzunahme des Drahtes und, falls man seine Temperatur als bekannt voraussetzen darf, seinen mittleren Längenausdehnungskoeffizienten (L. K.) berechnen. Mit den oben angegebenen Zahlwerten hat man die Sehnenlänge 124, die Pfeilhöhe 15, daraus bestimmt sich ein Krümmungsradius $r = 135{,}6$ mm und ein Mittelpunktswinkel von 3265′, somit eine Bogenlänge von 128,8 mm. Nimmt man als Temperatur der Weißglut 1200° an, so kann zur Bestimmung des L. K. der Ansatz $128{,}8 = 124 \cdot (1 + 1200 \cdot \beta)$ gemacht werden, da bei dieser rohen Berechnung auf die Zimmertemperatur keine Rücksicht zu nehmen ist; man findet $\beta = 0{,}000032$.

Der Versuch läßt sich noch wie folgt abändern: ein Draht derselben Länge wird durch einen Strom von 15½ Amp. erhitzt, er glüht hellrot, zieht sich aber nach der Stromunterbrechung wieder straff zusammen, das Metall wird also noch nicht geschmolzen gewesen sein. Nach Durchgang von 18 Amp. erstarrt der Draht in durchgebogener Gestalt, es wird also das Metall geschmolzen und die Temperatur etwa die Schmelztemperatur von 660° gewesen sein. Der Draht biegt sich in diesem Fall nicht in seiner ganzen Länge durch, sondern nur auf 110 mm, die Ansatzstellen bleiben (wohl wegen der Wärmeabführung durch die Fußklemmen) starr und nichtleuchtend; die Durchbiegung betrug 11 mm. Diese Zahlwerte führen mit 660° wieder zu $\beta = 0{,}000032$, in Übereinstimmung mit dem Wert $\beta = 0{,}0000315$ den Landolt u. Börnstein (4. Aufl.) nach Le Chatelier für $t = 600°$ angeben. Diese Betrachtung eignet sich vielleicht auch für eine Schülerübung.

Zur Herleitung der magnetischen Feldstärke.

Von Dr. K. Bangert, Staatl. Gewerbe-Akademie, Chemnitz.

Bei der Behandlung der magnetischen Größen im Unterricht stößt man auf die Schwierigkeit einer Anschaulichkeit der Einheiten. Unter der Einheit der magnetischen Polstärke (oder der Magnetismusmenge), $m = 1$ Einheit der Polstärke im *CGS*-System, kann sich der Schüler wenig vorstellen und durch Hinzufügen der Dimension $cm^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}} s^{-1}$ wird sie nicht anschaulicher. Schon die Rückkehr zum absoluten (bezw. *CGS*-) System, um die Einheit der Polstärke aus dem Coulombschen Gesetz herzuleiten, nötigt zu Wiederholungen, wenn man in den im Unterricht vorangegangenen Kapiteln der Mechanik und der Wärme die meisten Größen aus bestimmten Gründen vornehmlich im technischen Maß hat ausdrücken müssen.

Wie es in den Lehrbüchern meist dargestellt wird, führt man zur Ableitung der weiteren magnetischen Größen den magnetischen Einheitspol ein, z. B. bei der

magnetischen Feldstärke. Diese wird dann als die Kraft definiert, die in einer Entfernung r *cm* von einem Ursprungspol m auf den Einheitspol wirksam ist. Aus dem Coulombschen Gesetz wird gezeigt, daß man zur Beziehung $\mathfrak{H} = m/r^2$ kommt. Dies nötigt zu dem besonderen Zusatz, daß die Feldstärke $\mathfrak{H}$ selbst keine Kraft, sondern erst das Produkt $\mathfrak{H} \cdot dm$, die auf den beweglich gedachten Pol dm wirksame Kraft darstellt.

Leider werden eben noch zu häufig physikalische Gleichungen als mathematische Gleichungen behandelt und aus den bekannteren Aufgabensammlungen ließen sich viele Beispiele hierzu beibringen[1]). Es wird die physikalische, also benannte, Größe dm wie eine Zahl behandelt und gleich 1 gesetzt, so daß man mit $dm = 1$ zu der mathematischen, physikalisch aber unrichtigen Gleichung $P = m/r^2$ kommt.

Wenn man nun die Kraftgleichung durch dm dividiert, so erhält man $P/dm = m/r^2 = \mathfrak{H}$. Die linke Seite stellt dann eine Größe dar, wie sie in andern physikalischen Gebieten in ähnlicher Weise vorgekommen ist; z. B. die Größe M/V, die Masse der Volumeinheit, die spezifische Masse, die Dichte; oder der Quotient P/F, der Druck auf die Flächeneinheit, der spezifische Druck.

Ebenso ist nun der Quotient P/dm die Kraft, die auf je eine Einheit der Polstärke (oder der Magnetismusmenge) dm eines Magnetpoles bewegend wirkt, und die man hier Feldstärke nennt. Dann wird ohne weiteres klar, daß die Dimension von $\mathfrak{H}$ nicht die einer Kraft sein kann, ebenso wie die spezifische Masse oder der spezifische Druck nicht die Dimension einer Masse bezw. einer Kraft haben. Diese Begriffe sind geläufig, infolgedessen ist vielleicht auch der Quotient $P/dm = \mathfrak{H}$ anschaulicher als der Weg, den man durch besondere mit bekannten Annahmen umgrenzte Einführung eines isolierten beweglichen Einheitspoles machen muß.

Daß die Feldstärke zum Kraftlinienfluß in einfache anschauliche Beziehung gebracht wird, ist eine Sache für sich.

Analoge Betrachtungen sind anzustellen, wenn man im Unterricht nicht den Magnetismus, sondern die Elektrostatik voranstellt.

Für die Praxis.

Elektrostatische Beobachtungen mit der Wechselspannung im städtischen Netz. Von **S. Janß,** in Uetersen (Holstein). Schon mit einem nicht sehr empfindlichen Elektroskop läßt sich zeigen: 1. Der Unterschied zwischen Phasenleiter und Nulleiter. Verbindet man den Knopf mit dem ersteren, so entsteht ein Ausschlag, im anderen Fall nicht. 2. Die Verschiedenheit der Spannungsgröße in verschiedenen Momenten. Nach Abheben des Phasenleiters wird der Ausschlag bald größer, bald kleiner als während der Berührung; er kann auch unverändert bleiben, aber auch Null werden. 3. Entgegengesetzte Spannungen in verschiedenen Momenten. Nähert man nach dem Abheben einen elektrisierten Körper (Hartgummi- oder Glasstangen), so zeigt das Elektroskop durch Änderung der Blättchendivergenz bald eine positive, bald eine negative Ladung an.

Diese einfachen Beobachtungen können mit dazu beitragen, die Unterschiede zwischen Reibungs- und technischer Elektrizität als nur graduell aufzufassen.

[1]) Die Berechnung des Ohmschen Widerstandes einer 40 m langen Kupferleitung von 4 mm² Querschnitt hat unter keinen Umständen so auszusehen: $R = \varrho \frac{l}{F} = 0{,}0175 \cdot \frac{40}{4} = 0{,}175\ \Omega$, sondern ist unter Beifügung der Benennungen durchzuführen: $R = \varrho \frac{l}{F} = 0{,}0175 \frac{\Omega\ mm^2}{m} \cdot \frac{40\ m}{4\ mm^2} = 0{,}175\ \Omega$.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Fallversuche im widerstehenden Mittel. In einem Aufsatze über die Aufbereitung und wirtschaftliche Verwendung der Kohlen (Die Naturwissenschaften X, Heft 39, 1922) beschreibt K. KEGEL die Methoden, die zur Aufbereitung der Kohlen, d. h. zur Trennung der brauchbaren Bestandteile von den nichtbrauchbaren, der Kohle von der Bergart, dienen. Die Trennung erfolgt, soweit nicht für größere Bestandstücke die Auslese mit der Hand geschehen kann, in den sog. Setzmaschinen durch das Sinkverfahren, da die Fallgeschwindigkeit im Wasser unter sonst gleichen Umständen von dem spezifischen Gewicht der Stoffe und von der Größe abhängig ist. Eine Quarzkugel fällt im unbegrenzten, mit Wasser gefüllten Raum ebenso schnell wie eine Kannelkohlenkugel, deren Durchmesser siebenmal so groß wie der der ersteren ist. Im begrenzten Raum findet eine Verminderung der Fallgeschwindigkeiten statt, und zwar wird bei gleichem Querschnitt des Raumes die Fallgeschwindigkeit der größeren Kugel stärker vermindert; denn die Widerstände erhöhen sich naturgemäß mit der Abnahme des Querschnitts zwischen fallendem Körper und Kammerwandung.

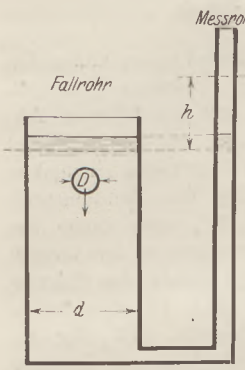

Fig. 1.

Zur Feststellung dieser Veränderungen dient die in Fig. 1 dargestellte einfache Vorrichtung. An ein mit Wasser gefülltes Fallrohr (Durchmesser *d*) aus Glas ist ein Meßrohr von etwa 3 mm Durchmesser angeschlossen. Läßt man im Fallrohr eine Kugel herabsinken, so steigt der ursprünglich in beiden Rohren gleich hochstehende Wasserspiegel im Meßrohr beim Beginn des Absinkens sofort um einen bestimmten Betrag, und bleibt während des Absinkens unverändert stehen, um nach Beendigung des Falles wieder in die ursprüngliche Stellung zurückzukehren. Zum Versuch wurde eine Stahlkugel von 14 mm Durchmesser verwendet. Der Höhenunterschied *h* erreichte bei einem Fallrohr von 16 mm Durchmesser den Betrag von 50 mm, sank dagegen bei einem Fallrohrdurchmesser von 32 mm auf 15 mm. Die hindernde Gegenwirkung ist also im weiten Rohr geringer als im engen. Ist das Verhältnis der Durchmesser der beiden Rohre 40 : 1 oder größer, so ist überhaupt keine für die Praxis in Betracht kommende Verminderung der Fallgeschwindigkeit mehr zu beobachten. Die Verschiebung des Wasserstandes um den Betrag *h* beweist, daß beim Fall im bewegten Raum unter dem fallenden Körper ein Überdruck entsteht, der bei einem größeren fallenden Körper auf eine größere Fläche wirkt. Daher muß bei hinreichend beengtem Raum der Durchmesser einer Kohlenkugel mehr als das Siebenfache des Durchmessers einer Quarzkugel betragen, damit beide mit der gleichen maximalen Geschwindigkeit fallen. Nach diesen Feststellungen richtet sich die Auswahl der für die verschiedenartigen Setzmaschinen geeigneten Gemische von Kohle und Bergart. *P.*

Versuche über die Entstehung von Tönen und Geräuschen. In der *Physikalischen Zeitschrift 23, 313 (1922)* behandelt A. STROMAN, anschließend an seine in unserer Zeitschrift *25, 216 (1912)* veröffentlichten Versuche mit einer Scheibensirene die Frage nach der Entstehung von Knall und Geräusch. Er lehnt die Angabe der meisten Lehrbücher ab, daß ein einmaliger Anstoß einen Knall, unregelmäßige Anstöße ein Geräusch erzeugen. Die Anstöße beim Beginn der Drehung einer Sirene rufen bei noch so heftigem Anblasen keine Schallempfindung hervor. Als Knall kann nach Ansicht des Verfassers nur gelten, was auf Implosion oder Explosion hinauskommt. Das typische Beispiel ist die Knallgasexplosion. Dabei wird der Gasinhalt des Gefäßes (der Seifenblase) plötzlich hinausgeschleudert, unmittelbar darauf stürzt die Außenluft wieder hinein, so entsteht eine Schwingung von bestimmtem Toncharakter, an die sich andere anschließen. Der Explosionsknall entsteht also durch wenige Schwingungen der Luft, von denen die erste entscheidend ist. Andere häufig Knall genannte Schallvorgänge sind den Geräuschen zuzurechnen.

Bei den Geräuschen sind zwei Gruppen zu unterscheiden. Die einen entstehen durch Eigenschwingungen eines oder mehrerer Körper, so beim Zuschlagen einer Tür, beim Rasseln eines Wagens. Die anderen werden erzeugt durch zahlreiche Anstöße der Luft, wobei Schwingungen der allerverschiedensten Schwingungsdauer auftreten, die sich zu einem Tongewirr mischen, so wenn man mit der flachen Hand über eine rauhe Tapete streicht. Dabei ist je nach der Schnelligkeit der Bewegung die Tonhöhe größer oder geringer.

Zur experimentellen Prüfung dieser letzteren Deutung diente eine Sirene, deren einfachste Form Fig. 1 wiedergibt. Auf einer Kreisperipherie

liegen zwei Löcherserien, die eine $ACDBC'D$ umfaßt sechs, die andere $AEBE'$ vier Löcher. Bei gleichzeitigem Anblasen erzeugt jede Serie ihren Eigenton und es kommt deutlich das Qintenintervall (4:6) zu Gehör. Damit ist erwiesen, daß die Anstöße bei A und B gleichzeitig zwei Tönen dienen und im übrigen die Anstöße sich rhythmisch zusammenfinden. Noch überzeugender wirkt die Konstruktion Fig. 2, deren Löcherabstände abwechselnd 12° und 18° betragen. Hier entsteht ein Quintenklang von ungewöhnlicher Schönheit, ein Beweis, daß derselbe Anstoß jedesmal bei beiden Tönen mitwirkt, mithin eine Schwingung zur Tonbildung genügt. Endlich wurde eine „Geräuschsirene" mit absichtlich unregelmäßig gebohrten Löchern benutzt, bei der auch nirgends zwei Löcher diametral entgegenstanden. Jedes Loch konnte jetzt mit jedem andern beim Anblasen eine Schwingung erzeugen, die zusammentretenden

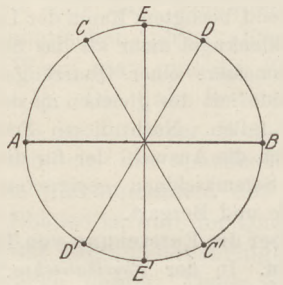

Fig. 1.

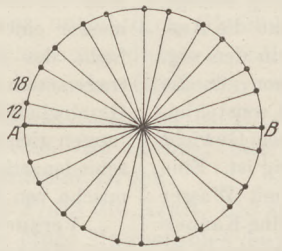

Fig. 2.

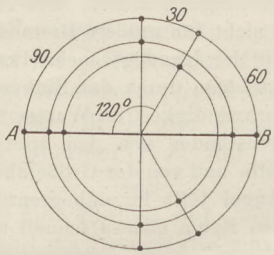

Fig. 3.

Töne brachten ein Tongewirr hervor, das nur als Geräusch aufgefaßt werden konnte; ein noch merkbarer Toncharakter verschwand völlig, als noch zwei Löcher zugeklebt wurden; das Geräusch glich jetzt dem einer Kreissäge. Damit erscheint die obige Auffassung der Geräusche zweiter Art als erwiesen.

Weitere Versuche erstreckten sich auf den „Tongehalt der Intervalle". Es wurden Scheiben hergestellt, bei denen auf demselben Kreise zugleich Löcher für das Intervall einer Quarte (3:4), oder einer Sexte (3:5), großen Terz (4:5), kleinen Terz (5:6), großen Ganztons (8:9), kleinen Ganztons (9:10), eines Dur-Dreiklangs (4:5:6) usw. angebracht waren. Dabei treten außer den normalen Abständen der zusammengehörigen Löcher noch mehr oder weniger kleinere Abstände auf, z. B. in Fig. 3 (worin alle Löcher auf den äußersten Kreis übertragen zu denken sind) für die Quarte außer den Fundamentalabständen von 120° und 90°, auch solche von 30° und 60°, denen entsprechend zu dem Grundintervall noch höhere Töne gemäß den Schwingungszahlverhältnissen 3:4:6:12 hinzutreten. Auch dies bestätigt die Ansicht, daß jeder Anstoß mit jedem anderen Schwingungen erzeugen kann. *P.*

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Neuere Forschungen über ultrarote Eigenfrequenzen fester Körper. Von Dr. A. WENZEL in Brandenburg a. Havel.

M. BORN hat in seinem Buche „Dynamik der Kristallgitter" theoretisch erwiesen, daß ein Atomgitter, d. h. ein aus Elektronen und Atomen aufgebautes Kristallgitter fähig ist, innere Schwingungen auszuführen. Diese sogenannten Eigenschwingungen können durch Lichtstrahlen angeregt werden und äußern sich dann im Spektrum des Lichtes, das durch das Gitter hindurchgegangen ist, als starke Absorptionsstreifen oder im reflektierten Licht als Streifen metallischer Reflexion bzw. als Reststrahlen. Die Frequenzen dieser Eigenschwingungen sind abhängig von der Masse der schwingenden Gebilde und von ihrer gegenseitigen Lage. Da als Bausteine des Gitters einerseits Elektronen, andrerseits einzelne Atome oder ganze Atomgruppen in Frage kommen, existieren auch zwei Gruppen von Eigenfrequenzen, schnellere und langsamere Schwingungen. Der Größenordnung nach steht eine Frequenz der einen Art zu einer der anderen in demselben Verhältnis wie die Wurzel aus der Elektronenmasse zur Wurzel aus der Atommasse. Dies bestätigt sich qualitativ bei Beobachtungen im ultravioletten und ultraroten Spektrum. Denn sieht man als Elektronenschwingungen diejenigen ultravioletten Schwingungen an, die sich bei der Dispersion im sichtbaren und ultravioletten Licht bemerkbar machen, so gelangt man von diesen durch Multiplikation mit der Quadratwurzel des Massenverhältnisses in das Gebiet der ultraroten Eigenfrequenzen, die als Reststrahlen in die Erscheinung treten. So liegen beispielsweise beim Steinsalz zwei ultraviolette Eigenschwingungen bei 110 $\mu\mu$ und 156 $\mu\mu$ und die den Atomschwingungen entsprechenden ultraroten bei 51 μ und 67 μ.

Hiernach vermögen also die ultraroten Eigenschwingungen Aufschluß über die Konstitution der schwingenden Gebilde zu geben; indem die ultravioletten Eigenschwingungen den Elektronen, die ultraroten Eigenschwingungen den einzelnen Atomen oder ganzen Atomgruppen zugeschrieben werden.

Das Studium der ultraroten Eigenfrequenzen ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung. Einmal gibt die Kenntnis der Eigenfrequenzen eine Möglichkeit, Atom- und Molekülmodelle auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen. Erinnert sei nur an die Dienste, die die Seriengesetze bei der Konstruktion des Bohrschen Atommodells leisteten. Dann vermag man aus den ultraroten Eigenschwingungen die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme zu gewinnen. Schließlich sind sie aber auch von Interesse für die allgemeine Dynamik der Raumgitter, in der sie eine besondere Rolle spielen (1). Daß dabei besondere Beziehungen zwischen den Eigenschwingungen und der chemischen Konstitution auftreten müssen, die einen tieferen Einblick in den Bau der Moleküle bieten, ist leicht ersichtlich.

Schon vor 20 Jahren sind daher zur Erforschung der ultraroten Eigenfrequenzen von A. Aschkinaß (2) umfangreiche Experimentaluntersuchungen angestellt worden, die besonders W. W. Coblentz (3) auf zahlreiche Stoffe ausdehnte. Von beiden Forschern ist schon der gesuchte Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution und Eigenschwingungen für einige Molekülgruppen aufgefunden worden, so für einige Sulfate, Karbonate und Nitrate. Fortgesetzt wurden diese Untersuchungen dann von A. H. Pfund (4), L. B. Morse (5) und H. A. Clark (6). Auch hier in Deutschland wurden sie besonders von Hagen, H. Rubens u. a. mit Hilfe der Reststrahlen weiter ausgedehnt, worüber in dieser Zeitschrift schon mehrfach berichtet wurde (7).

Diese Untersuchungen der ultraroten Eigenfrequenzen haben dann in mehrjähriger gemeinsamer Arbeit Cl. Schaefer und M. Schubert (8) fortgesetzt. Sie verwandten nicht nur natürliches Licht, sondern gingen auch nach Bedarf zu polarisierter Strahlung über, was besonders für die Erforschung der Eigenschwingungen kristallisierter doppeltbrechender Körper von großer Bedeutung ist. Von den beiden möglichen Methoden, der Absorptions- und der Reflexionsmethode, wählten sie die letztere, da in vielen Kristallen Wasser in Form von Kristallwasser enthalten ist, das alle Strahlen von der Wellenlänge 7 μ ab völlig absorbiert, wodurch weitere Messungen im Absorptionsspektrum ausgeschlossen sind. Bei der Reflexionsmethode kommt der Einfluß des Kristallwassers weniger in Betracht. Zwar zeigt das Reflexionsvermögen des Wassers auch einige Maxima, z. B. bei 3,2 μ und 6,2 μ, doch lassen sich diese leicht von den zu untersuchenden trennen. Nur die Maxima oberhalb 10 μ (etwa bei 12, 13, 15 u. 18 μ) liegen in dem Gebiete, wo auch die untersuchten Stoffe Eigenschwingungen haben. Sie voneinander zu trennen, erforderte daher eine besonders sorgfältige Arbeit.

Die von den beiden genannten Forschern verwendete Versuchsanordnung war folgende (vgl. Fig. 1). Die von einer Nernstlampe N ausgehende Strahlung wird von dem vorderseitig versilberten Hohlspiegel H_1 parallel gemacht und abwechselnd an der zu untersuchenden Substanz K und an einer Vergleichssubstanz V, wozu meist Silber diente, reflektiert. Ein Hohlspiegel H_2 vereinigt sie zu einem reellen Bild auf dem Kollimatorspalt S_1 eines Spiegelspektrometers. Hier

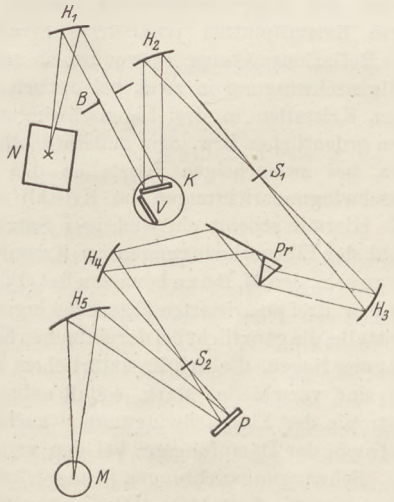

Fig. 1.

wird die Strahlung durch das Prisma Pr spektral zerlegt, geht durch einen zweiten Spalt S_2, wird an dem vorderseitig versilberten Planspiegel P reflektiert und auf einen ebenfalls vorderseitig versilberten Hohlspiegel H_5 geworfen. Dieser vereinigt die Strahlen schließlich auf den Lötstellen einer Rubenschen Thermosäule oder auf der Lötstelle eines Mikroradiometers M nach H. Schmidt (9). Bei den Reflexionsmessungen mit polarisierter Strahlung wurde zwischen Blende B und Untersuchungssubstanz K ein Polarisator eingeschaltet, der aus zwei Silberspiegeln bestand, zwischen denen eine Selenplatte so aufgestellt war, daß die Strahlen unter ihrem Polarisationswinkel von 71° auftraten. Selen eignet sich hierzu besonders gut, da es ein konstantes Reflexionsvermögen von 19 % besitzt (4).

Mit Hilfe dieses Apparats wurden durch Drehung des Prismas Pr, das aus Flußspat oder Steinsalz besteht, die Wellenlängen selektiver

Reflexion an der Platte K festgestellt. Die Stärke der Reflexion wurde jedesmal durch Vergleich mit der Reflexion der gleichen Strahlung an der Silberplatte V gemessen, die in dieselbe Lage wie K gedreht werden konnte. Der Stärke der Reflexion entspricht die Stärke der von der Rubensschen linearen Thermosäule oder von dem Schmidtschen Mikroradiometer gelieferten Stromstärken, die in höchstempfindlichen Galvanometern angezeigt wurden.

Untersucht wurde mit dieser Apparatur eine große Zahl von einfachen wie Doppelsalzen, von isotropen wie auch doppeltbrechenden Verbindungen. Die einzelnen numerischen Ergebnisse von Eigenschwingungen bestimmter chemischer Gruppen sind u. a. in Tab. 1 zusammengestellt. Sie gelten für natürliches Licht. Wird aber bei den doppeltbrechenden optisch einachsigen Kristallplatten polarisierte Strahlung für die Reflexionsmessung verwendet, so zerfällt jede Eigenschwingung in zwei, bei optisch zweiachsigen Kristallen in drei Eigenschwingungen, die dem ordentlichen bzw. dem außerordentlichen Strahle, bei zweiachsigen Kristallen den drei Hauptschwingungsrichtungen im Kristall angehören. Hiermit scheint ein wichtiger Satz über die Zahl der Eigenschwingungen im Kristall bestätigt zu sein, den M. Born bewiesen hat (1). Die beiden bzw. drei polarisierten Eigenschwingungen der Kristalle, die ganz dicht bei der einfachen Eigenschwingung liegen, die sich im natürlichem Licht ergibt, sind verschieden stark, sodaß neben der „Anisotropie der Eigenschwingungen“ auch eine „Anisotropie der Dämpfungen“ bei den verschiedenen Schwingungsrichtungen angehörenden Eigenfrequenzen besteht. Die untersuchten Eigenschwingungen sind in jedem Fall völlig unabhängig vom Metallion der Verbindung. Sie müssen demnach „innere Schwingungen“ der Gruppen SO_4 bzw. CO_3 etc. sein. Da diese Eigenfrequenzen bestimmten Polarisationsrichtungen zugeordnet sind, müssen sie zugleich auch „Raumgitterschwingungen“ sein. Diese doppelte Eigenschaft ist nur auf Grund der Laue-Braggschen Anschauung zu erklären, daß die Atome die Bausteine des Raumgittersystems der Kristalle sind.

Von besonderem Interesse ist die Rolle des Kristallwassers, dessen optisches Verhalten sowohl Cl. Schaefer u. M. Schubert (10) als auch K. Brieger (11) eingehend untersucht haben. Bei der Reflexion ultraroter Strahlen an kristallwasserhaltigen Substanzen treten naturgemäß auch die Reflexionsmaxima des Wassers (siehe Tabelle 1) auf. Ist die Srahlung linear polarisiert, so besteht an Stelle eines einfachen Maximums (z. B. bei 3,2 μ) je eins für Strahlen, die parallel und senkrecht zur Achse bei optisch einachsigen Substanzen auffallen. Die Wellenlängen der beiden Maxima, die an Stärke verschieden sind, unterscheiden sich nur um wenige Zehntel μ. Bei zweiachsigen Kristallen fanden sie diese Teilung noch stärker ausgeprägt; es treten hier parallel den drei Hauptachsen des Kristalls drei Maxima benachbarter Wellenlängen und verschiedener Höhe auf. Dieses verschiedene Verhalten der H_2O-Schwingungen in Kristallen ist nur so zu verstehen, daß das Wasser in Kristallen dichroitisch bezw. trichroitisch ist. Es ist also in optisch anisotropen Kristallen selbst anisotrop und zwar einachsig in optisch einachsigen, zweiachsig in optisch zweiachsigen Kristallen. Auch der Charakter der Doppelbrechung ist in den Eigenschwingungen wieder zu erkennen. Das Kristallwasser fügt sich also vollkommen der Symmetrie des Kristalls ein. Die H_2O-Gruppe ist in Raumgittern angeordnet. Zu dem gleichen Resultat kamen auch L. Vegard und H. Schjelderup (12) auf Grund ihrer röntgenometrischen Versuche von Alaunen nach der Braggschen Methode.

Tab. 1. Ultrarote Eigenfrequenzen einiger Atomgruppen.

Material	Eigenschwingungen in μ	Atomgruppen
1. Sulfate	9 u. 16.	SO_4
2. Karbonate	6,5; 11,5; 14,5.	CO_3
3. Nitrate	7,5; 12,5; 15.	NO_3
4. Selenate	11,4.	SeO_4
5. Chromate	11,3.	CrO_4
6. Chlorate	10,5 u. 16,2.	ClO_4
7. Bromate	12.	BrO_4
8. Jodate	12,5.	JO_4
9. Silikate	9; 12,7; 20.	SiO_4
10. Ammoniumsalze	3,2; 5,8; 7.	NH_4
11. Kristallwasserhaltige Kristalle.	3,2; 15 u. 20.	H_2O.

Die Angaben zu 1 bis 9 rühren von Cl. Schaefer u. M. Schubert her, die zu 11 von denselben und von K. Brieger, die zu 10 von O. Reinkober.

All diese Ergebnisse von Cl. Schaefer u. M. Schubert stehen in gutem Einklang mit dem, was H. Rubens zum Teil in Verbindung mit Th. Liebisch (13) bei ihren Untersuchungen über die optischen Eigenschaften einiger Kristalle im langwelligen ultraroten Spektrum gefunden haben. Sie haben den obigen Eigenschwingungszahlen noch einige im langwelligen Teile des ultraroten Spektrums (bis 140 μ) hin-

zugefügt. Über diese Arbeiten ist schon früher an dieser Stelle eingehend berichtet worden (13).

Eine interessante Erweiterung fanden diese Forschungen durch die Arbeit von O. Reinkober (14), der einige Salze des Ammoniums daraufhin untersuchte, ob auch der NH_4 Gruppe Eigenschwingungen zukommen. Auch er verwandte die Reflexionsmethode mit einer ähnlichen Apparatur, wie sie oben skizziert ist. Neben den Eigenschwingungen der SO_4-, NO_3 etc.-Gruppen entdeckte er sehr scharf ausgeprägte Reflexionsmaxima bei 3,2 μ, 5,8 μ und 7 μ, die der NH_4-Gruppe zugeschrieben werden müssen, da sie in den Reflexionsspektren aller Ammoniumsalze auftreten. Demnach bildet also die NH_4-Gruppe eine besondere Baugruppe im Kristall. Mit abnehmender Temperatur sind zwar die Maxima schärfer ausgeprägt, wie O. Reinkober durch Untersuchungen der ultraroten Reflexionsspektren bei Temperaturen zwischen -175^0 und $+120^0$ feststellen konnte; aber das Reflexionsvermögen nimmt mit sinkender Temperatur erheblich ab. Demselben Forscher gelang es auch durch ein besonderes Verfahren mit Hilfe der Absorptionsmethode bei Ammoniumsalzen zu denselben Ergebnissen zu kommen. Er stellte nämlich mittels Sublimation auf durchlässigen Platten sehr dünne Schichten her und untersuchte deren Absorptionsvermögen für die ultraroten Strahlen.

Literaturverzeichnis.

1) Vgl. M. Born: Dynamik der Raumgitter. Leipzig 1915.
2) E. Aschkinaß: Ann. d. Phys. 1. 42 1900.
3) W. W. Coblentz: Investigations of infrared spectra. Washington, Carnegie Institution 1905—1908.
4) A. H. Pfund: Astrophysical Journal 24. 19. 1906
5) L. B. Morse: Astrophysical Journal 26. 225. 1907.
6) H. A. Clark: Astrophysical Journal 35. 48. 1912.
7) Vgl. diese Zeitschr. 24. 167. 1911 u. 25. 112. 1912.
8) Cl. Schaefer u. M. Schubert: Ann. d. Phys. 50. 283 1916. 55. 577. 1918. Zeitschr. f. Phys. 7 297, 309, 313. 1921.
9) H. Schmidt: Ann d. Phys. 29. 971. 1909.
10) Cl. Schaefer u. M. Schubert: Ann. d. Phys. 50. 339. 1916.
11) K. Brieger: Ann. d. Phys. 57. 287. 1918.
12) L. Vegard u. H. Schjelderup: Ann. d. Phys. 54. 146. 1917.
13) Vgl. diese Zeitschr. 33. 111. 1920.
14) O. Reinkober: Zeitschr. f. Phys. 3. 1. u. 318. 1920. u. 5. 192. 1921.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Weltanschauungsfragen im physikalischen Unterricht. In der Zeitschrift *Aus der Natur* 18. Jahrg., 1922, Heft 4 und 5 behandelt P. JOHANNESSON diesen Gegenstand, nachdem er vorher Weltanschauungsfragen im mathematischen Unterricht erörtert hat. Im Grunde handelt es sich freilich mehr um Fragen der Erkenntnislehre als um solche der Weltanschauung, doch wird man immerhin jene als eine Vorbereitung auf diese ansprechen können.

Als Bedingung der Naturerkenntnis werden einerseits die Festsetzung konstanter Maßstäbe, andererseits die Voraussetzung der Unabhängigkeit der Naturgesetze von Ort und Zeit bezeichnet. Wenn freilich als Hintergrund der Sinneswelt eine uns ewig unzugängliche stets nur angenähert erreichbare Idealwelt angenommen wird, die als die wirkliche anzusehen sei im Gegensatz zur Trugwelt unserer Sinne, so wird damit ein metaphysisches Ziel aufgestellt, das schon jenseits der Aufgaben der physikalischen Forschung liegt. Zutreffend wird jedoch dann auseinandergesetzt, daß neben den experimentellen Werkzeugen auch die Begriffe als Instrumente der Forschung eine Rolle spielen, und daß die Wahrnehmung ohne trennende und verbindende Begriffe, d. h. ohne denkende Bearbeitung, für die Erkenntnis völlig unfruchtbar bleibt.

Zur denkenden Bearbeitung gehört auch die hypothesenbildende Tätigkeit des Geistes, zu der die Prüfung durch das Experiment ergänzend hinzutreten muß. So bei Newtons Hypothese von der Zusammengesetztheit des weißen Lichtes. Die Frage nach dem Wesen der echten Hypothese ist nach der Meinung des Verfassers eine rechte Weltanschauungsfrage; die einen (die Psychologisten) „sehen in der Hypothese den Versuch, ins Innere der Natur zu dringen, die hinter den Erscheinungen liegenden eigentlichen Triebkräfte des Naturablaufs zu finden", die anderen (die Positivisten) nur das zweckmäßigste Kunstmittel, die Erscheinungen, auch die unerforschten, vorauszusagen und dadurch den Menschen zum Herrscher der Natur zu machen. Der Verfasser scheint mir damit einen Gegensatz zu schaffen, der in dieser scharfen Form überhaupt nicht vorhanden ist. Der physikalische Forscher denkt überhaupt nicht an eine hinter den Erscheinungen liegende Idealwelt, sondern an eine Welt, die ebenso real ist wie die unmittelbar den Sinnen gegebene und nur durch die Grenzen des Wahrnehmungsvermögens ihnen entzogen. So bei der Atomhypothese, die in ihrer früheren Form gewiß als echte Hypothese gelten darf und heute den Charakter voller Realität angenommen hat. Allerdings gibt es Hypothesen mehr anschaulicher und solche mehr begrifflicher Art, so einerseits die Hypothese von den Atomen, andererseits die von den Fernkräften. Entsprechend liegt es heute mit dem Gegensatz zwischen der Ätherhypothese und der Relativitätstheorie. Je nach der psychischen Disposition werden sich die Forscher mehr der einen oder der anderen zuwenden. Der Verfasser findet

denn auch selbst die Versöhnung des Gegensatzes darin, daß jeder hypothetische Begriff im Denken den Antrieb zur anschauungsmäßigen Ausgestaltung auslöst und daß jeder Forscher seinen hypothetischen Aufstellungen ein bildhaftes Schauen zugrunde legt. Er hätte hinzufügen können, daß andererseits auch jede anschauungshafte Hypothese nach abstrakter, mathematischer Ausprägung drängt, wie Faradays Kraftlinienvorstellung zur Maxwellschen Theorie: Falsch wäre es aber, nur den einen der beiden Wege als „wissenschaftlich" zu bezeichnen.

Von der Kraft führt der Verfasser zutreffend aus, die Schöpfung dieses Begriffes sei allemal das Zeichen dafür, daß ein neuer Naturzusammenhang vorliegt, sie drücke die Frage nach einer noch unerforschten Verkettung der Umstände und ihrer zahlenmäßigen Beziehung aus. Er sieht die Kraft, ebenso wie den Ursachbegriff, als anthropomorph an und glaubt, daß sie durch den Konditionalismus, den Begriff der bloßen funktionellen Abhängigkeit, ersetzt werden müsse, aber in letzterem steckt die Notwendigkeitsbeziehung ebenso wie im Ursachbegriff, und eben diese Beziehung macht das Wesentliche im einen wie im andern aus, auch wenn alles Anthropomorphische abgestreift ist.

In bezug auf die Induktion als Forschungsmethode wird dargelegt, daß diese nicht bloß im Sammeln und Ordnen von Tatsachen besteht, sondern im Schaffen der Umstände, unter denen ein Vorgang stattfindet. (Hier wäre wohl die Rolle der bewußten Fragestellung noch mehr zu betonen.) Die Deduktion dagegen diene der Umformung der Erkenntnis durch Anwendung auf besondere Fälle. Daß es sich aber, wie schon vorher angedeutet, auch bei der physikalischen Methode schließlich um die Erkenntnis einer hinter den Erscheinungen liegenden Idealwelt handle, ist eine aus der Metaphysik des Verfassers folgende Ansicht, die nicht allgemeine Zustimmung finden wird. Auch bei dem Unterschied der „sekundären und primären Qualitäten" tritt diese Ansicht wieder hervor, wenn vom Trug der Sinne und gar von den Ausgeburten der Sinne die Rede ist. Auf diese Weise wird eine Kluft zwischen der Wirklichkeit und den sinnlichen Qualitäten aufgerissen, obwohl doch auch die letzteren, wie Farbe und Ton, zu den Wirkungen der Dinge gehören und in diesem Sinne gewiß wirklich sind. Hier scheiden sich in der Tat zwei Weltanschauungen voneinander, von denen die eine den Geist auf eine ewig unerreichbare Idealwelt verweist, die andere die enge Verknüpfung des Sinnlichen und des Seelischen zur Voraussetzung und zur Grundlage hat.

Die Frage der Relativität der Bewegung wird von dem Verfasser zutreffend an dem Beispiel des ptolemäischen und des Kopernikanischen Weltsystems erläutert; zwischen beiden sei durch die Entdeckung des Gravitationsgesetzes entschieden, so daß wir von da ab zur Annahme der einen Betrachtungsweise gezwungen sind. Wir heben gern diese Stellungnahme des Verfassers hervor, der sich früher in skeptischem Sinne um das Problem der absoluten Rotation bemüht hat. Von der Einsteinschen Relativitätstheorie gesteht er zu, daß die Bestätigungen der Theorie noch umstritten sind. Die Unanschaulichkeit des Systems sei aber kein Grund gegen seine Wahrheit. Das Postulat von der Konstanz der Maßstäbe bleibe gewahrt, sofern ja das Gesetz der Lorentzkontraktion und das Gesetz der Veränderung der Zeiten es ermöglichen, die Identität der räumlichen bzw. der zeitlichen Maßeinheiten aufrecht zu erhalten. Ebensowenig verstoße die Veränderlichkeit der elektromagnetischen Masse gegen die Forderung der Konstanz, da die Geschwindigkeit als neue Bedingung zum alten Massenbegriff hinzukomme. Dennoch sei die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß die Kantische Raum-Zeit-Theorie nur eine Annäherung darstelle und einer Verschärfung durch die Relativitätstheorie wohl fähig sei.

Der Verfasser behandelt schließlich noch den Unterschied der dynamischen, kinetischen und energetischen „Weltanschauung". Wir würden auch hier lieber das Wort Weltanschauung vermieden sehen und nur von Naturauffassung sprechen. Von der energetischen Auffassung wird gesagt, daß eine genauere Ausgestaltung des Gedankens unterblieben sei, so daß man keine klare Vorstellung davon gewinnen könne, wie im einzelnen irgend ein Naturereignis unter dem alleinigen Gesichtspunkt der Energie beschrieben oder begriffen werden sollte. Vor allem aber sei zu verhüten, daß man die physikalischen Begriffe und Gesetze auf Zustände und Vorgänge des geistigen Bereiches anwende, so wenn Ostwald dem Energieprinzip für geistiges Geschehen irgendwelche Bedeutung beimesse.

Die Darlegungen des Verfassers zeigen, daß eine denkende Betrachtung physikalischer Probleme an Fragen der Weltanschauung angrenzt. Aber doch wird der physikalische Unterricht darauf beschränkt bleiben, durch klare und sichere Erfassung der tatsächlichen Zusammenhänge den festen Boden zu schaffen, von dem aus der Flug der Spekulation sich in die Höhen der Weltanschauungsfragen erheben kann. *P*

4. *Unterricht und Methode.*

Weitere Meldungen von Unfällen im Chemie- und Physikunterricht[1]).

Dem Unterzeichneten gingen die nachfolgenden dankenswerten Meldungen über Unfälle zu.

1. Zerbersten des Glasbodens einer Wasserwanne bei einer Verbrennung im abgeschlossenen Raume. In einer Chemiestunde in U II, die dem Abschluß des Kapitels über die Rolle der Luft bei Verbrennungserscheinungen gewidmet war, wurde ergänzungsweise der u. a. in „LEWIN, Anfangsunterricht in der Chemie", S. 3, beschriebene Versuch derart ausgeführt, daß in eine etwa 5 cm hoch mit Wasser gefüllte pneumatische Wanne (40×30×15), deren Boden und Wände aus 1½—2 mm dickem Glase bestanden, mit Metalleisten als Kantenverstärkungen, eine Rezipientenglocke von 18 cm Durchmesser und 30 cm Höhe gesetzt wurde. Die Glocke saß mit ihrem geschliffenen Fuße dicht schließend auf dem Glasboden auf. Im Inneren schwamm auf der mit dem äußeren Niveau gleich hoch stehenden Wasserfläche eine mit Alkohol gefüllte Schale von 10 cm Durchmesser. Nach schnellem Entzünden des Alkohols wurde die obere Öffnung durch einen Gummipfropfen verschlossen. Da das erwartete Höhersteigen des inneren Niveaus nicht sofort eintrat, richtete ich eine Frage an die Klasse. In diesem Moment flog die Glasglocke schätzungsweise 20 cm hoch und fiel in schiefer Lage in die Wanne zurück. Gleichzeitig ergoß sich die Wasserfüllung der Wanne auf den Tisch.

Um den im ersten Augenblick unverständlichen Hergang aufzuklären, wurde der Versuch sofort in einer großen Emaillewanne wiederholt. Auch hier ließ das Höhersteigen des Niveaus auf sich warten, bis nach einem plötzlichen Auf- und Zurückschnappen der Glocke das Wasser stromweise eindrang. Diese Beobachtung brachte mich von der zuerst gefaßten Vermutung einer Explosion zu der Auffassung der Implosion: Durch den plötzlichen Verbrauch des O_2, der bei der relativ großen Brandfläche auftritt, bildet sich ein ansehnlicher Unterdruck aus, demgegenüber die Ausdehnung der Luft durch Erwärmen nicht in Betracht kommt. Da nun durch den Schliff des Rezipienten dem äußeren Wasser der Zutritt verwehrt war, so wurde der schwache Glasboden der Wanne durch den äußeren Luftdruck eingedrückt, zumal da bei dem relativ großen Radius der Glocke das Drehmoment der im Zentrum angreifenden Druckkräfte beträchtlich war. Im Einklang damit stand die Beobachtung, daß die Scherben der Bodenplatte einen fast völlig kreisförmigen Zwischenraum zeigten, was das schiefe Zurückfallen der Glocke kaum hätte bewirken können. Es gelang mir zudem später, da die Implosion von anderer Seite aus angezweifelt wurde, bei Wiederholung des Versuches in der ersten, zwischendurch mit einer stärkeren Bodenplatte versehenen Wanne den Unterdruck dadurch zweifellos zu machen, daß ich, am Hals des Rezipienten anfassend, die gesamte Apparatur mit Wasserfüllung im Gewicht von ∼5 kg ∼30 cm hoch heben konnte. Das Abfliegen des Stopfens ist also lediglich durch seine Trägheit zu erklären; im Falle der Explosion würde er steil nach oben geschossen worden sein.

In der betreffenden Unterrichtsstunde wurde sofort Abhilfe dadurch geschaffen, daß der Glocke Glaswinkel unterlegt wurden, worauf der Versuch ohne Störung verlief. Allerdings darf man nicht erwarten, daß die Volumverhältnisse auch nur einigermaßen der Erwartung entsprechen. Denn in dem kurzen Zeitraum zwischen Entzündung des Alkohols und Aufsetzen des Stopfens werden schon ansehnliche Gasmengen ausgetrieben, so daß sich mitunter eine Wasserfüllung bis zur Hälfte des Luftvolumens einstellt. Führt man den Versuch mit einer oben geschlossenen Glocke aus, so ist das anfängliche innere Niveau nicht zu kontrollieren, da der Verbrauch des O_2 und die Ausbildung des Unterdruckes bzw. Hebung der Wassermasse ein Vorgang von wenigen Sekunden ist.

Düsseldorf, Städt. Lessing-ORS.

Dr. Erpelt, Studienrat.

Bei Absorptionsversuchen dieser Art muß also stets für die Möglichkeit leichten Nachströmens der Sperrflüssigkeit gesorgt werden (vgl. z. B. *ds. Ztschr. XI, 268*).

2. Gefahren bei rotem Phosphor. „Vor der Oberklasse einer Studienanstalt in T. wollte ich einen Versuch mit rotem P machen und nahm, da der vorhandene Rest nicht ausreichte, eine noch fest verschlossene gefüllte Flasche aus dem Chemieschrank. Der eingeschliffene Glasstopfen ließ sich nicht ohne weiteres herausnehmen. Nach längeren Bemühungen führte ich eine Streichholzflamme um den Hals der Flasche, indem ich die Flasche in der Hand drehte. Plötzlich flog der Stopfen samt der oberen Hälfte der Flasche gegen die Decke. Der Phosphor hatte sich entzündet und war nach allen Seiten aus der Flasche „herausgespritzt", er leckte brennend von der Decke herab, brannte auf dem Experimentiertisch und auf dem Fußboden. Die Schülerinnen hatten auf mein Kommando sofort den Raum verlassen; ich selbst trug zunächst die untere

[1]) Vgl. die „Aufforderung betr. Meldung von Unfällen" in ds. Ztschr. **26**, 207, sowie die letzte Meldung **34**, 45.

Hälfte der Flasche, deren Inhalt auch brannte, nach der Wasserleitung und ergoß den Inhalt der Spritzflasche über den Tisch. Der Raum war bald gefüllt mit weißem P_2O_5, das wie Schnee herumflog. Ich öffnete alle Fenster, überzeugte mich, daß überall das Feuer gelöscht sei und verließ den Raum, um beim nächsten Arzt zwei Finger untersuchen zu lassen, die stark gelitten hatten; Heilung nach einem Vierteljahre. Bei Schülerinnen keine Verletzung."

Verhütungsmaßregeln vgl. ds. Ztschr. 34, 47.

3. Flammenerscheinung bei beabsichtigter Magnesiumsilicid-Bildung. „Am 25. Januar 1921 hatte ich, wie RÜDORFF-LÜPKE 15, S. 253 angibt, ein Gemisch gleicher Mengen von Quarzsand und Magnesiumpulver im Reagenzglas über einem Bunsenbrenner erhitzt, bis die Masse durch und durch dunkel gefärbt war. Eine stärkere Glüherscheinung als die des glühenden Glases war im Innern nicht wahrzunehmen, auch erfolgte sie nur an den nach und nach erhitzten Glasstellen, setzte sich also nicht von selbst fort. Einzelne größere Quarzkörner waren anscheinend nicht in die Reaktion einbezogen, Magnesiumglanz war nirgends mehr zu erkennen. Ich tauchte nun, um das deformierte Glas zu entfernen und das Reaktionsprodukt später mit Säure behandeln zu können, das Glas, welches ich mit einer Klammer gefaßt hielt, mit ausgestrecktem Arm in ein mit Wasser gefülltes Becherglas von etwa 6 cm Durchmesser. Das Glas sollte springen, der Inhalt unter Wasser sinken. Statt dessen schoß unter blendender Lichterscheinung eine halbmeterlange Flamme oben aus dem Reagenzglas heraus. Das Licht glich dem Magnesiumblitzlicht, der Rauch war flockig wie bei diesem. Das Reagenzglas war nur abgesprungen, soweit es eingetaucht war, im übrigen ganz, aber leer. Dagegen war der Rand des Becherglases zersprungen und an den scharfen Kanten angeschmolzen wie von großer Hitze.'

H. Rothe, Tegel, Humboldt-ORS.

Die durchgreifende Reaktion zwischen SiO_2 und Mg, die manchmal ziemlich lange auf sich warten läßt, und entweder sehr heftig unter Sprühen oder ruhig, aber mit starker Selbstglut verläuft, hatte sich hier offenbar überhaupt noch nicht vollzogen. Daher beim Eintauchen in Wasser sofort Wasserdampfzersetzung durch das im Innern unveränderte glühende Mg, ganz analog dem Al-Versuch des Unterzeichneten (ds. Ztschr. 11, 5).

4. Unfall mit einer größeren Menge in Brand geratenen Alkohols im Physikunterricht. (Gekürzte briefliche Mitteilung.) In einem Mädchen-RG. sollte in den physikalischen Schülerübungen der Siedepunkt von (gefärbtem) Alkohol bestimmt werden. Apparat: Erlenmeyerkolben, zu $^1/_3$ gefüllt, auf Dreifuß mit aufgedecktem Asbestdrahtnetz stehend, Stopfen mit Thermometer und Glasrohr, das in ein gekühltes Gefäß führte; Erwärmung mittels Bunsenflamme. Als der Alkohol siedete, flog bei der einen der beiden Gruppen der Stopfen unter schwachem Knall $\sim {}^1/_2$ m in die Höhe und auf den Tisch zurück. Plötzlich wackelte der Dreifuß, wahrscheinlich weil eine der Schülerinnen beim Zurückfahren aus Schreck über die kleine Explosion angestoßen hatte. Der Kolben fiel zur Seite, blieb aber auf dem Drahtnetz liegen. Alkohol ergoß sich über den Tisch und von da über die Schülerinnen, die sich gerade in dieser Richtung befanden. Die Flamme des Bunsenbrenners schlug über und im Nu standen drei Schülerinnen in Flammen. Auf meinen Zuruf „Flammen ausschlagen" reagierten die Nachbarinnen vor Schrecken nicht. Ich sprang sofort über den Tisch hinzu und begann mit den Händen die Flammen auszuschlagen. Dies gelang mir bei zwei Schülerinnen. Die dritte war inzwischen, über einen Sitzhocker stürzend, in den Flur geeilt, um ans Wasser zu kommen. An der Treppe konnte ich sie einholen und durch Herumwälzen auf dem kalten Steinboden und Zuschlagen mit den Händen die Flammen ersticken. Dabei fingen mein rechter Rockärmel und meine Haare auch an zu brennen, doch ging es ohne Brandwunden ab, während die eine im Zimmer Verbliebene und die Hinausgeeilte leichte Brandwunden am Arm bzw. schwerere an Arm und Hand davongetragen hatten. Die Bluse der ersteren und der Mantel der letzteren wiesen mehrere Brandlöcher auf."

Brennbare, leicht siedende Flüssigkeiten, wie Alkohol, Benzin u. ä., sollten stets nur im Wasserbade in eingehängtem, in ein Stativ gespanntem Gefäß erhitzt werden. Für genügend weite Röhren zum schnellen Abziehen der Dämpfe ist Sorge zu tragen. Bei fixiertem Brenner und ebensolchem Gefäß tritt immer leicht das „Stoßen" der erhitzten Flüssigkeit auf, auch noch nach Erreichen des Siedepunktes; daher wohl das Herauswerfen des Stopfens. Bei allen Versuchen mit brennbaren Flüssigkeiten ist bei fehlender Wasserleitung im Zimmer grundsätzlich ein mit Wasser gefüllter Eimer oder Krug bereitzustellen. (Aus den „Allg. Anweisungen" im Unfallbuch des Unterzeichneten; 1914, S. 8/9.)

5. Unerwartete Entzündung des Gemisches von Al, NaO_2. Als Unterzeichneter Oktober 1921 in Düsseldorf seinen Vortrag über Unfallverhütung, in welchem auch die Entzündbarkeit des Alumin-Natriumperoxyd-Gemisches mittels Wassers gezeigt worden war (Ber. d. D. Ch. Ges. 53, H. 8, S. 1427/29), beendigt hatte und eine größere Anzahl Zuhörer an den Experimentiertisch traten, an dem der Unterzeichnete Auskunft auf Anfragen erteilte, entflammte plötzlich der

in der Porzellanschale befindliche Rest des Gemisches, zum Zeichen, daß selbst die bei jedwedem Sprechen sich ablösenden Speichelspuren fähig sind, die Verpuffung des Gemisches zu bewirken, dessen große Empfindlichkeit hierdurch dargetan ist. Schaden wurde durch die ~ 1 m in die Höhe geworfenen kleinen glühenden Massen nicht angerichtet.

Die Einsendung weiterer Unfallsaufzeichnungen an die Schriftleitung bzw. den Unterzeichneten ist im allgemeinen Interesse dringend erwünscht. Auf Wunsch unterbleibt sowohl Nennung des Namens wie auch der Anstalt.

Prof. Otto Ohmann,
Berlin-Pankow, Kavalierstraße 15.

5. Technik und mechanische Praxis.

Auffrischung von Braunsteinelementen. Schon während des Krieges sind in Österreich wie in Deutschland Versuche zur Regeneration des desoxydierten Braunsteins in den Leclanché-Elementen gemacht worden. Die Reduktion erstreckt sich bis auf die innersten Schichten des Graphit-Braunsteingemisches, aber ein großer Teil des Mangandioxyds ist noch als solches im erschöpften Element vorhanden. Man hat die verbrauchte Beutelelektrode 2 Tage lang gewässert, dann 2 Stunden bis 2 Tage lang in etwa 10%-ige Schwefelsäure gestellt, und dann wieder gut ausgewässert. So behandelte Elemente zeigten eine beträchtliche Anfangsspannung, die im ungeschlossenen Zustande der von frischen Elementen (1,52 Volt) gleichkam, aber rascher als bei diesen sank, so daß die Spannung nach 30tägigem Schluß mit 20 Ohm nur noch 0,36 (statt bei frischen 0,86) betrug.

Besseren Erfolg erhielt man, wenn man den Inhalt der Beutel durch Kochen in Salmiaklösung von dem anhaftenden Zinksalz säuberte, dann zerkleinerte und die Beutel mit der zerkleinerten Masse neu füllte. Man erhielt so Spannungen, die unter den gleichen Bedingungen wie vorher in 30 Tagen von 1,47 auf 0,62 herabgingen, so daß noch etwa 70% der ursprünglichen Wattstundenleistung herausgeholt werden konnten. Zugaben von Kaliumbisulfat (¾ g auf den Beutel) verbesserten die Wirkung noch, so daß diese nur von 1,46 auf 0,72 Volt herabging.

Da das Zerkleinern, Mahlen und Neufüllen viel Arbeit und Kosten verursacht, versuchte man auch nach Abnahme der Metallkappen die Beutel einfach in 10%iger Salmiaklösung zu kochen. Nachdem dies 2 Stunden lang geschehen, wurde mit frischer Salmiaklösung nochmals 2 Stunden lang gekocht und dann gut ausgewässert. Die so behandelten Elemente zeigten eine Anfangsspannung (geschlossen) von 1,35, eine Endspannung von 0,75 Volt. Dies letztere Verfahren dürfte sich daher am meisten empfehlen. Versuche, die gereinigten Elemente ähnlich wie Akkumalatoren aufzuladen, befriedigten nicht; die Anfangsspannung war größer, aber die Beutel versagten bald. (*E. T. Z. 43, 1119; 1922.*) *P.*

Methan in Stahlflaschen. Einem Vortrag von J. BROWN auf der diesjährigen Tagung des Vereins d. Chemiker in Hamburg am 8. Juni 1922 entnehmen wir folgende Angaben: Die Gewinnung des Methans geschieht auf einer der Kokereien der deutsch verbliebenen Rombacher Hüttenwerke. Die neue Industrie stellt einen bedeutsamen Schritt in der Gewinnung von Nebenprodukten aus den Koksofengasen dar, indem diese der Einwirkung sehr tiefer Temperaturen unterworfen werden. Das Methan wird in die üblichen Stahlflaschen unter Druck von 150 Atm. gebracht und aus diesen mittels der bekannten Reduzierventile entnommen. Wenn es darauf ankommt, das Gas dem Brenner unter stets gleichbleibendem Druck zuzuführen, so kann man den Druckregler von Pietsch benützen. In den meisten Gasbrennern kann das Methan ohne weiteres verwendet werden. Nur bei wenigen der Brenner neigt die Flamme zum Abreißen, was auf die geringe Verbrennungsgeschwindigkeit des Methans und die Nichtbrennbarkeit des zu stark mit Luft verdünnten Gases zurückzuführen ist. Die Schwierigkeit läßt sich durch Aufsetzen von Hülsen oder Röhrchen auf die Brennermündung vollständig beheben. Besonders instruktiv war die Vorführung eines Intensiv-Sternbrenners, bei dem die Methanflammen an ihren Außenseiten abrissen, an den Innenseiten sich aber gegenseitig gegen das Abreißen schützten. Die Heizwirkungen der Methanflammen sind außerordentlich stark, das zeigt sich besonders bei Lötkolbenbrennern mit Methan und atm. Verbrennungsluft, sowie beim Schweißen von Kupfer, Messing und Aluminium mit Methan-Sauerstoff-Flammen. Methan eignet sich zum Schweißen dieser Metalle besonders gut, weil wegen seines sehr hohen Heizwertes — 9200 W.E./cbm — seine Sauerstoff-Flamme „milder", „weicher" als die der übrigen Schweißgase ist. Auch zum autogenen Schneiden von Eisen beginnt man Methan zu verwenden. Das Methan ist fast völlig frei von Kohlenoxyd, also für Selbstmordzwecke nicht geeignet.

Will man Methan für die chemische Weiterverarbeitung in Methylchlorid, Methylalkohol und Formaldehyd verwenden, so empfiehlt es sich, die Verarbeitung am Orte der Methangewinnung vorzunehmen, um die Kosten für den Flaschentransport und für das Komprimieren zu sparen. — Das Methan wird geliefert von Fritz Hamm, G. m. b. H. in Düsseldorf. *P.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Logik. Von Alois Höfler. 2. sehr vermehrte Auflage. Mit vier Beiträgen als Überleitungen von der Logik zur Logistik von Ernst Mally. 936 S. Wien und Leipzig, Hölder-Pichler-Tempsky A. G., 1922. M. 500.—; geb. M. 600.—.

Die erste Auflage (1890) war aus pädagogisch-didaktischem Anlaß hervorgegangen; diese zweite auf den vierfachen Umfang erweiterte steht auf der Höhe eines wissenschaftlichen Werkes ersten Ranges. Es dürfte auch kein Werk über Logik geben, das insbesondere dem mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht so viele Anregungen und Belehrungen bietet, wie das vorliegende, dessen Verfasser selbst mit beiden Füßen auf dem Boden der Mathematik und der Naturwissenschaften stand. Die Darstellung ist mit zahlreichen Beispielen aus diesen Gebieten durchsetzt, besonders aber geben häufige Exkurse speziellere Beiträge zur Logik der Mathematik und zur Logik der Physik. Nur wenige Stichwörter seien genannt, um eine Vorstellung von der Fülle der Darbietungen zu geben: Relativitätstheorie, absoluter Raum, mathematische Sophismen, Erklären und Beschreiben, Kraftbegriff, Theorie der Induktion (logische Begründung der Urteile über induktive Seinsnotwendigkeiten), Begriff des wissenschaftlichen Gesetzes, Hypothese und Fiktion u. dgl. m. Das Vorwort läßt erkennen, mit welchen ungeheuren Schwierigkeiten der Verfasser zu kämpfen hatte in den acht Jahren, seit der Satz begonnen war. Das Nachwort des Buches ist vom Januar 1922 datiert, mit seiner Vollendung war auch das Leben des Verfassers vollendet. Ob der zweite Band, die Erkenntnistheorie behandelnd, erscheinen wird, steht noch dahin; aber der vorliegende erste Band wird auch so wie er ist ein Denkmal gewaltigen Ringens um die „Lehre vom richtigen Denken“ und ein wertvolles Vermächtnis für alle Stufen der Pädagogik und Didaktik bleiben.

P.

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Von Moritz Schlick. 4. verm. u. verb. Auflage. 106 S. Berlin, Julius Springer, 1922.

Diese Darstellung der Einsteinschen Relativitätstheorie legt im Gegensatz zu anderen Schriften besonderen Nachdruck auf die allgemeine Relativitätstheorie und zeichnet sich auch dadurch aus, daß die Beziehungen zur Philosophie eingehender besprochen sind. Der Verfasser nimmt gegenüber dem Positivismus einen realistischen Standpunkt ein; er erkennt aber in der Klärung unserer Begriffe von Raum und Zeit durch die Relativitätstheorie einen wesentlichen Fortschritt gegenüber der bisherigen Auffassung der Physik. Allerdings ist die Vorstellung eines sphärischen bzw. pseudosphärischen Raumes nicht, wie es hier scheinen könnte, als Leistung Einsteins anzusprechen. *P.*

Relativitätstheorie und Ökonomieprinzip. Von Dr. Hugo Dingler. 77 S. Leipzig, S. Hirzel, 1922.

Die Auffassung, daß die praktische Geometrie der Welt eine euklidische sei, entspricht dem Ökonomieprinzip, insofern diese Geometrie als die denkbar einfachste erscheint; dagegen stößt eine empirische Bestätigung dieser Geometrie auf eine grundsätzliche Schwierigkeit, da es hierzu eines starren Körpers bedarf und dieser selbst wieder nur mittels der euklidischen Geometrie definierbar ist. Es kann daher eine empirische Bestätigung überhaupt nicht in Frage kommen, vielmehr ist eine andersartige Grundlegung vermöge eines Postulats erforderlich. Der Verfasser legt dies im ersten Teil der Schrift dar und knüpft daran in den folgenden beiden Teilen Auseinandersetzungen mit J. Wellstein, Einstein, Schlick und Reichenbach, in denen die Grundlagen der Relativitätstheorie eine kritische Beleuchtung erfahren. *P.*

Das feinbauliche Wesen der Materie nach dem Vorbilde der Kristalle. Von Dr. Friedrich Rinne, Prof. der Mineralogie a. d. Universität Leipzig. Mit einer Zeichnung von A. Dürer, den Bildnissen führender Forscher auf dem Gebiete der Feinbaulehre, sowie mit 203 Textfiguren. 2. u. 3. erweiterte Auflage. 168 S. Berlin, Gebr. Borntträger, 1922. Geb. M. 117.—.

Der ersten Auflage (vgl. *ds. Zeitschr. 34, 138*) ist nach Jahresfrist bereits diese wesentlich vermehrte Ausgabe gefolgt. Die Deutung der Eigenschaften der Kristalle aus der Struktur der „Leptonen“ und umgekehrt die Erforschung des Feinbaues der Materie aus den physikalischen und chemischen Erscheinungen an Kristallen ist erheblich erweitert und vertieft. Das Buch ist indes nicht leicht zu lesen, es ist weder eine populäre Darstellung noch ein Lehrbuch, sondern eine gedrängte, fast aphoristische Übersicht über das interessante Gebiet und die bisher gewonnenen Ergebnisse, bei denen die Lauesche Röntgenographie eine Hauptrolle spielt. *P.*

Untersuchungen über die Beschaffenheit der Emissionsspektren der chemischen Elemente. Von J. R. Rydberg. (Ostwalds Klassiker Nr. 196). 214 S. und 2 Tafeln. Herausgegeben von Manne Siegbahn und A. v. Oettingen† Leipzig, Akad. Verlagsges. 1922. Geb. Mk. 9.—.

Die Schrift ist die Übersetzung einer am 13. November 1889 der Kgl. schwedischen Aka-

demie der Wissenschaften überreichten Abhandlung, die erst im letzten Jahrzehnt zu voller Anerkennung gelangt ist. Die Schrift enthält bereits die hauptsächlichsten Gesetzmäßigkeiten für Duplets, Triplets und Linienserien der Elemente, sowie die Berechnung der zugehörigen Konstanten. Der Verfasser hat schon erkannt, daß man nicht nur alle Linien eines Spektrums, sondern auch die Gesamtspektren aller Elemente durch eine einzige Formel allein unter Einführung verschiedener ganzer Zahlen würde ausdrücken können, und hat in dieser Arbeit die wesentlichsten Grundlagen dafür geschaffen. *P.*

Untersuchungen zur Theorie der Brownschen Bewegung. Von A. Einstein. Mit Anmerkungen herausgegeben von R. Fürth, 72 S. (Ostwalds Klassiker Nr. 199). Leipzig, Akad. Verl.-Ges. 1922. Mk. 20.—.

Für die von Robert Brown 1828 beschriebene Erscheinung hat Delsaulx 1877 als der erste die heute allgemein angenommene Erklärung gegeben; Gouy erkannte 1888, daß die innere Reibung der Flüssigkeit von erheblichem Einfluß darauf ist. F. M. Exner sagte voraus, daß die kinetische Energie eines bewegten Teilchens gleich der eines Gasmoleküls sein müsse. Erst durch Einsteins Formel aber war es möglich, diese Vorhersage zu bestätigen. Die vorliegende Schrift faßt mehrere Aufsätze aus den Annalen der Physik zusammen und geht auch auf eine Bestimmung der Moleküldimensionen nebst Berechnung der Loschmidtschen Zahl ein. Den Schluß bildet eine elementare Theorie der Brownschen Bewegung, worin der Diffusionsvorgang in einer nicht dissoziierten verdünnten Lösung auf die ungeordneten Bewegungen der gelösten Moleküle zurückgeführt wird. Das Resultat gilt dann nicht nur für derartige Moleküle, sondern auch für beliebige in der Flüssigkeit suspendierte kleine Körperchen. *P.*

J. Keplers Grundlagen der geometrischen Optik (im Anschluß an die Optik des Witelo). Übersetzt von Ferdinand Plehn. Durchgesehen u. herausgegeben von Moritz von Rohr. Mit 42 Figuren im Text. Leipzig. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1922. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 198.)

J. Keplers Behandlung des Sehens. Nach den Paralipomena vom Jahre 1604. Von F. Plehn. Sonder-Abdruck des Jahrganges VIII, Heft 5 bis Jahrgang IX, Heft 6 der Zeitschrift für ophthalmologische Optik. — Berlin. Julius Springer. 1921.

In unserer Zeit der Loslösung von den Bildungsmitteln des klassischen Altertumes muß es besonders dankbar empfunden werden, wenn die Werke der großen Forscher der aufdämmernden Neuzeit im Gewande unserer Muttersprache wieder den breiteren Schichten unserer Gebildeten zugänglich gemacht werden. Die überragende Bedeutung Keplers kann nur auf diesem Wege zur Geltung und Anerkennung kommen.

Die vorliegenden beiden Abhandlungen geben die Kapitel II—V der Keplerschen Optik wieder, die mit Widmung an Kaiser Rudolf II. 1604 in Frankfurt a. M. erschien unter dem Titel Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur, potissimum De Artificiosa Observatione et Aestimatione Diametrorum Deliquiorumque Solis et Lunae. Cum Exemplis Insignium Eclipsium. ... Autore Joanne Keplero ... („Leser, Du erhältst in diesem Buche neben vielem anderen Neuen eine klare Vorstellung des Sehvorganges und der Rolle, die die Augenflüssigkeiten spielen, im Gegensatze zu den Optikern und Anatomen".)

Der zweite Teil des Werkes, Kap. VI—XI, der die astronomische Optik enthält, ist nicht mitübersetzt. Ebenso ist das Kap. I des ersten Teiles, das über die Natur des Lichtes handelt, hier fortgelassen. Die weiteren Kapitel, Kap. II über die Strahlenbegrenzung, Kap. III über Spiegelung und Kap. IV über Brechung liegen zusammen hier in der ersten der beiden Abhandlungen vor. Das Kap. V, welches die Lehre vom Sehen enthält, ist in der ophthalmologischen Zeitschrift erschienen und als Sonderdruck herausgegeben.

Keplers Werk knüpft an an das umfassendste Lehrbuch der Optik seiner Zeit, das von Witelo an, der um die Wende des 13. Jahrhunderts lebte. Dieses Werk fußt auf der griechischen Optik des Ptolemäus, wie sie durch die Araber (Alhazen um 1038) vermittelt worden ist. Aus der Auseinandersetzung Keplers mit den Lehren Witelos und seiner Kommentatoren ersteht in dem vorliegenden Werke der Ausgang der neuen Optik.

Dauernd wird es ein vornehmer Genuß bleiben, dem Ringen der Schärfe Keplerschen Geistes mit den Irrtümern und Vorurteilen seiner Zeit in diesem Werke zu folgen. Und da, wo Kepler sich nicht über die Anschauungen seiner Zeit erheben kann, rückt er uns menschlich besonders nahe.

Die Übersetzung ist flüssig und gewandt geschrieben. Dunkle Stellen, die auf der Form des Textes beruhen, sind ohne Kommentar geblieben und werden erst durch die Briefe Keplers aufgeklärt werden, von denen eine deutsche Ausgabe in Vorbereitung ist.

Neben dem Dank gegen den verstorbenen Übersetzer gebührt dem Herausgeber und den beiden Verlagen ganz besondere Anerkennung, daß sie in der jetzigen schweren Zeit die Opfer nicht gescheut haben, das Werk zu veröffentlichen.

Möchte diese Veröffentlichung ein vorbereitender Schritt sein für die weitere Ausgabe von Übersetzungen der Werke Keplers. Die fast an das Wunderbare grenzenden Geschicke des wissenschaftlichen Nachlasses Keplers haben nur scheinbar in der großen 8-bändigen Ausgabe der Opera omnia Joannis Kepleri Astronomi von Frisch in den Jahren 1858—1870 Kepler endgültig der Vergessenheit entrissen. So lange nicht eine deutsche Gesamtausgabe mit eingehendem historischen und kritischen Kommentar von den Werken dieses großen deutschen Klassikers der Naturwissenschaften vorliegt und allgemein zugänglich gemacht ist, bedeutet die lateinische Ausgabe bei der Abnahme der Kenntnis des Latein eine endgültige Mumifizierung Keplers.

Trommsdorff-Göttingen.

Die Anwendung des Mikroskopes; Mikroskopie, Mikroprojektion, Mikrophotographie von Dozent R. Schmehlik. 110 S. 131 Abbildungen. Berlin 1922. Union Deutsche Verlagsgesellschaft. Bd. 31 der Photographischen Bibliothek. Geb. M. 24,—.

Eine kleine, aber wertvolle Gabe! Was man in allen Anleitungen findet, hat Verfasser vermieden noch einmal zu sagen. Dagegen bringt er aus dem reichen Schatz seiner langjährigen Erfahrung eine Fülle wertvoller Ratschläge und Warnungen. Weniger bekannte, gut bewährte Hilfsmittel für besondere Arbeiten werden beschrieben, nicht nur in der käuflichen Form, sondern auch in einfachster Improvisation aus Kork, Stecknadeln und dergl. Was man damit erreichen kann und welche Fehler bei falscher Benutzung der Hilfsmittel vorkommen, zeigen vorzügliche Photogramme auf besonderen Tafeln, bei deren Betrachtung der Kundige des Verfassers Geduld, Umsicht und Geschicklichkeit bewundert.

Das Buch ist für jeden, der sein Mikroskop, sei es klein oder groß, wirklich ausnutzen will, einfach unentbehrlich. *W. Vn.*

Der Aufbau des photographischen Bildes. Von E. Goldberg. VIII u. 85 S., 51 Abb. Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1922. M. 45.—.

Dieses Büchlein bereichert unsere Einsicht in photographische Dinge in einem Maße, das angesichts seines geringen Umfanges als ganz erstaunlich bezeichnet werden muß. Durch sinnreiche, ziemlich einfache Verfahren wird vieles, wofür wir bisher nicht einmal eine scharfe Begriffsbestimmung hatten, der Messung unterworfen. Die Darstellung ist klar, aber sehr knapp und fordert vom Leser die gespannteste Aufmerksamkeit. Die Abbildungen sind zum großen Teil eingeklebte Photogramme.

Im ersten Abschnitt legt der Verf. durch Versuche mit umlaufender Sektorblende und mit Graukeil den geringsten Helligkeitsunterschied benachbarter Objektteile fest, der bei der Betrachtung noch Bildwirkung gibt; sein Logarithmus wird minimales Helligkeitsdetail genannt. — Abschnitt 2 gilt dem Objektumfang (der Anzahl erkennbarer Helligkeitsstufen) und dem Logarithmus des Helligkeitsverhältnisses zwischen hellster und dunkelster Stelle. Flächenhafte undurchsichtige und durchsichtige, sowie räumliche Objekte werden mit einem Photometer untersucht. Das Luftlicht wird gemessen durch Vergleichung eines entfernten schwarzen Körpers (Loches) mit dem Himmelslicht im Zenit. Als absolute Sicht wird der Logarithmus der Entfernung bezeichnet, in welcher Schwarz und Weiß nicht mehr zu unterscheiden sind. Es ergibt sich, daß aus einigen Messungen in verschiedener Entfernung auf die absolute Sicht zutreffend extrapoliert werden kann. — Dem Mattscheibenbild gilt ein Abschnitt, in dem alle Reflexstörungen, besonders die von den Linsenflächen herstammenden, gemessen werden, wobei es gelingt die Brillanz des Objektivs als messbare Grösse zu definieren, und ein Abschnitt, in dem die Eigenschaften der Objekte in besonderen Fällen (Portrait, Reproduktion, Fliegeraufnahme usw.) unter Rücksicht auf Reflexstörungen im Mattscheibenbild untersucht werden. Der Rest des Buches zeigt in 4 Abschnitten, wie weit verschiedene Platten und Papiere imstande sind, den gegebenen Objektumfang wiederzugeben, wie man in jedem Falle das Beste herausholt und wie ideale Papiere beschaffen sein sollten. Für die photographische Praxis sind diese Abschnitte besonders wichtig, für die Leser dieser Zeitschrift mehr die einleitenden. Ihr wertvoller Inhalt macht für jeden Physiklehrer dieses Buch begehrenswert, dessen Besitz für den Photographierenden einfach notwendig ist. *W. Vn.*

Elektrometer, unter besonderer Berücksichtigung der Konstruktionen für luftelektrische und radioaktive Messungen. Von G. Berndt. 87 S., 74 Abb.

Hilfseinrichtungen für den Gebrauch von Elektrometern. Von G. Berndt. 39 S., 32 Abb. Leipzig, Hachmeister und Thal, 1921.

Diese Beschreibung von mehr als 50 Elektrometern ist besonders wegen der ausführlichen Zahlenangaben für Empfindlichkeit, Kapazität usw. wertvoll. Sie wird ergänzt durch die Beschreibung von Hilfseinrichtungen zur Erweiterung des Meßbereiches und zur Messung von Stromstärken und Kapazitäten. *W. Vn.*

Grundriß der Physik, I. Teil, für Realschulen, Lyzeen, Mittelschulen und die Mittelstufe von Vollanstalten. Von Dr. Karl Hahn Leiter der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in

Hamburg. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner, 1922. 184 S. M. 28.—.

Dieser erste Teil bietet einen Lehrgang für die Unterstufe, der als Vorbereitung auf den früher erschienenen Lehrgang für die Oberstufe gedacht ist und außerdem einen Überblick über das Gesamtgebiet der Physik und ihre Verfahren vermitteln will, unter Berücksichtigung der Fassungskraft, die bei Schülern der Unterstufe vorausgesetzt werden kann. Von der üblichen systematischen Einteilung des Stoffes weicht das Buch dadurch ab, daß Mechanik und Wärme miteinander verwebt sind. Die gewählte Durchdringung beider Gebiete ist indessen keineswegs zwingend, und vorläufig bleibt die Beseitigung der Schranken, die der Physik durch die überlieferte Einteilung gezogen werden, besser der Gestaltung durch den einzelnen Lehrer überlassen. Die Darstellung bemüht sich, in den verschiedenen physikalischen Gebieten den Arbeits- und Energiebegriff herauszuarbeiten, um loses Aneinanderreihen zahlreicher Einzelheiten zu vermeiden. Gleichwohl wird der Schüler aus dem dargebotenen Lehrgange kaum erkennen, daß sich alle physikalischen Vorgänge dem Energiebegriff unterordnen lassen. Die logische Entwicklung wird in dem Buche stark betont, dennoch finden sich Mängel an Schärfe in der Begriffsbildung. An eine Unterstufe ist jedoch vor allem die Forderung zu stellen: mehr Physik, mehr eindringende Sachkenntnis! Ein geschickt ausgewähltes Verzeichnis von Schülerübungen berücksichtigt die Bedürfnisse eines physikalischen Übungsunterrichts auch auf der Unterstufe. Eingestreute geschichtliche Abschnitte dienen der zusammenfassenden Betrachtung und bieten wertvolle Anregungen.

Matthée.

Physikalische Übungen für die Unterstufe. Eine Einführung in die Physik an der Hand von Schülerversuchen. Von Theodor Distler, Direktor des Ilse-Lyzeums in Grube Ilse. Verlag von Otto Salle, Berlin 1922.

Aus bekannten Freihandversuchen, Demonstrationen und Schülerübungen stellt das Buch 166 Übungen zusammen, die alle Gebiete der Physik umfassen und als Schülerversuche in der Art von Frontübungen gedacht sind. In Rücksicht auf das Bestreben, das bloße Einlernen physikalischer Tatsachen durch ausübende Arbeit der Schüler selbst zu ersetzen, sind die Versuche mit Geschick ausgewählt. Ob es sich empfiehlt, die Grunderscheinungen in allen Fällen durch die vorgeschlagenen Versuchsanordnungen an die Schüler heranzubringen, wird jeder Physiklehrer nach seiner eigenen Erfahrung entscheiden. Der gebotene Stoff ist noch reichhaltig genug, um eine engere Wahl zu gestatten. Das Buch erleichtert dem Lehrer die Mühe des Suchens nach passenden Schülerversuchen und bedeutet eine dankenswerte Unterstützung der oft wiederholten Forderung, daß physikalische Schülerübungen auch für die Unterstufe unentbehrlich sind.

Mth.

Natur-Paradoxe. Ein Buch für die Jugend zur Erklärung von Erscheinungen, die mit der täglichen Erfahrung in Widerspruch zu stehen scheinen. Nach Dr. W. Hampsons „Paradoxes in Nature and Science", bearbeitet von Dr. C. Schäffer. Mit 84 Textbildern. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. 185 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1922. Geb. M. 35. + Zuschlag.

Die erste Auflage wurde in *ds. Zeitschr. 22, 203 (1908)* besprochen. Das Buch enthält eine Reihe anregender Versuche, zum Teil auch solche, die den Schülern aus einem guten Physikunterricht bekannt sind, daneben einzelne, deren Erklärung wohl die Kräfte eines Schülers der Mittelklassen überschreitet. Nicht ungefährlich ist der Versuch der Zersprengung eines dünnwandigen Glasgefäßes, in dem man durch siedendes Wasser ein Vakuum hergestellt hat. Auch eine Reihe chemischer, biologischer und physiologischer Versuche sind in das Buch aufgenommen. Das Erscheinen der neuen Auflage ist wohl als ein Zeichen anzusehen, daß das Buch Beifall gefunden hat. *P.*

Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht. Von Prof. Dr. A. Nippoldt. Mit 7 Tafeln und 18 Abb. 135 S. 3. Aufl. Sammlung Göschen Nr. 175. Berlin und Leipzig, Verein wiss. Verl. 1921.

Die neue Auflage enthält wesentliche Verbesserungen. Diese beziehen sich namentlich darauf, daß die elektrische Strahlung der Sonne als Ursache der hier behandelten Erscheinungen erkannt ist, ferner auf die magnetischen Felder der Sonne, auf den die Erde umgebenden Ring elektrischer Teilchen u. a. m. Beigegeben ist auch eine Tafel der erdmagnetischen Elemente für 1925. Das Büchlein steht in jeder Hinsicht auf der Höhe der heutigen Wissenschaft. *P.*

Unser naturwissenschaftliches Weltbild. Von Dr. Franz Schön. I. Teil: Einführung in die allgemeinen Grundbegriffe. 56 S. M. 4.—. II. Teil: Das Wesen der Materie und der Wärme. 72 S. mit 7 Abbild. M. 8.—. (Schriften der Volkshochschule Heft 8 und 15.) Würzburg, Kabitzsch und Mönnich, 1922.

Die Schriftchen sind aus Vorträgen an der Volkshochschule Jena hervorgegangen. Sie geben eine recht klare und verständige Einführung in das Gebiet, soweit dies ohne Versuche möglich ist, und stellen an die Mitarbeit der Leser angemessene Anforderungen. Sie können für Kurse auch an anderen Volkshochschulen vorbildlich

sein. Zwei weitere Hefte über die Theorien der Elektrizität und der Strahlung sollen folgen.

P.

Physikalisches Praktikum. Von Prof. Dr. Georg Berndt. I. Teil: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik. Mit 75 Figuren. 3. verb. u. verm. Auflage. 304 S. Karlsruhe i. B., G. Braun, 1922. M. 48,—, geb. M. 60,—.

Dieser Leitfaden, ursprünglich für die Übungen am Polytechnikum Köthen bestimmt, ist schon früher (19, 320 und 21, 206) in dieser Ztschr. anerkannt worden. Einer seiner Vorzüge besteht in den durchgerechneten Zahlenbeispielen mit Fehlerbestimmungen und Fehlerberechnungen, die auch den Leitern von Übungen an höheren Schulen erwünscht sein werden. Neu hinzugekommen ist nur der Meldesche Versuch für Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel mit Hilfe der stehenden Wellen längs eines an der Stimmgabel angebundenen und gespannten Fadens. *P.*

Die Grundlagen der Natur (Philosophia naturalis). Eine Erkenntnislehre. Von Fr. J. Kurt Geissler. 100 S. Leipzig, Otto Hillmann, 1922. M. 50,—.

Der Verfasser will lehren „anstatt der Zerrissenheit durch das Nebeneinander und Nacheinander, hinausgehend über den lückenhaften und einseitigen Zusammenhang der Kausalität, durch neue alles verbindende Begriffe der Durchdringung, die Grundlagen der organischen wie unorganischen Natur in engem Zusammenhange zu begreifen". Dem Referenten ist das Buch völlig unverständlich geblieben. *P.*

Die physikalische Formel der Seele. Naturwissenschaftliche Ergründung des Lebens und Bewußtseins Von Dr. Heinrich Rettig. 205 S. und 1 Tafel. Karlsruhe i. B., G. Braun. M. 50, , geb. M. 60,—.

Die physikalische Formel der Seele lautet: „Die Seele der Lebewesen . . . ist ein Verband wechselartiger (positiver und negativer) Elektronen im Kristall." Wer an dieser eigenartigen Erweiterung der Elektronenlehre Interesse nimmt, sei auf das Buch selbst verwiesen, das im übrigen eine ausführliche Darstellung der physiologischen Psychologie nebst erkenntnistheoretischen Erörterungen und Anwendungen auf Lebensphilosophie und Staatslehre bietet, die manches Beachtenswerte enthalten. *P.*

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von M. Geitel. 2. Auflage, mit 31 Abbildungen. 107 S. Leipzig, Teubner, 1922.

Das Schriftchen bietet in gedrängter Darstellung eine Fülle technisch und volkswirtschaftlich interessanten Stoffes: Brücken-, Tunnel- und Kanalbauten, Staudämme, elektrische Überlandzentralen und Fernbahnen, Hoch- und Untergrundbahnen, drahtlose Telegraphie und Telephonie, Riesendampfschiffe, Luftschiffe und Flugzeuge, technische Kriegsleistungen.

Für unsere Schüler eine vortreffliche Einführung in die Wunder der Technik. *P.*

Technische Träume. Von Hanns Günther (W. de Haas). Mit 29 Bildern im Text. 83 S. Zürich, Rascher u. Cie. 1922.

Die Jugend beschäftigt sich leidenschaftlich gern mit technischen Zukunftsproblemen. Diesem Interesse kommt das vorliegende Schriftchen mit der Erörterung einer Reihe solcher Probleme entgegen, wobei auch die bisherigen Lösungsversuche besprochen werden. Solche Probleme sind die Vergasung der Kohle im natürlichen Kohlenlager (Gaskraftwerk nach Ramsay), der Sonnenmotor bei Los Angelos in Kalifornien, das Sonnenkraftwerk in Meadi, das Dampfquellenkraftwerk zu Larderello, die Ausnutzung der Energie des elektrischen Feldes der Erde, die Gezeitenkraftwerke u. a. Das Schriftchen ist ebenso unterhaltend wie belehrend. *P.*

Lehrbuch der Chemie. Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. Von Max Trautz, e. a. o. Prof. f. phys. Chem. u. Elektrochemie a. d Univ. Heidelberg. I. Bd.: Stoffe. Mit zahlr. Abb., Tafeln u. Tabellen. Berlin u. Leipzig 1922. Ver. wissensch. Verleger. W. de Gruyter & Co. XXVIII u. 534 S. M. 150.—, geb. M. 172.—.

Schon dieser erste Band des großzügig angelegten Werkes ist auf dem Gebiet der chemischen Didaktik eine einzigartige, ganz hervorragende Leistung. Er liefert unter dem schlichten Titel „Stoffe" dem angehenden Chemiker das gesamte Rüstzeug für das Studium der anorganischen Chemie einschließlich der physikalischen und mathematischen Grundlagen sowie der praktischen Anwendungen. Für die Weiterbildung der Chemielehrer an den höheren Schulen, im besonderen für die Auffrischung des chemischen Wissens im Geiste moderner Wissenschaftlichkeit, können wir uns kein geeigneteres Lehrbuch denken. Denn es verknüpft ungemein anschaulich und lebendig geschriebene Belehrungen über alles Theoretische und Allgemeine mit den wertvollsten Angaben aus der Praxis des Laboratoriums, oft herab bis zum einzelnen Handgriff, gerade so wie es der praktische Schulmann braucht. Aber noch in anderer Hinsicht ist das Buch für die Methodik der Schulchemie bedeutungsvoll. Einmal durch seine Betonung der Mineralchemie, der „steigende Wichtigkeit" zuerkannt wird, sowie durch die ganz eigenartigen umfassenden Übersichtstafeln (z. B. der „wichtigsten analytischen Kennstoffe", der „Rohstoffe

und Paragenesen", der „wichtigsten Ionen"), dann aber durch die ganze Anordnung des engeren anorganischen Lehrstoffes. Es bietet nämlich von den Hauptabschnitten der allgemeinen (sog. physikalischen) Chemie gleichsam Monographien und behandelt dann die darstellende Chemie nicht systematisch nach den Elementen, sondern nach den großen Verbindungsgruppen der Oxyde, Schwefelverbindungen, Halogenide usw., wie wir dies in ähnlicher Weise von der Ramsayschen „Modernen Chemie" rühmend hervorheben konnten *(ds Zeitschr. 22, 398; 29, 224)*. Innerhalb dieser Abteilungen wird dann wieder das periodische System der Elemente ausgiebig zur Geltung gebracht. So werden die Fesseln der bisherigen Systematik, die alles unter das Schema der Elemente zwängen wollte, völlig gesprengt. Auf die methodischen Bestrebungen des Ref. in dieser Zeitschrift fällt hierdurch ein wohltuendes und rechtfertigendes Licht. Nur wenige Einzelheiten seien berührt: Bei dem kernhaften Eintreten für Rob. Mayers Verdienste konnte wohl neben Tyndall auch Eugen Dührings gedacht werden. Hinsichtlich der Geschichte der Sauerstoffentdeckung finden sich einige Unstimmigkeiten, deren nähere Erörterung hier zu weit führen würde; vor allem war nach Mayow und Priestley erst Scheele zu nennen, Lavoisier aber als Entdecker überhaupt nicht. Der Kochsalzgehalt des Meeres ist mit „3,5 v. H." zu hoch angegeben. Im ganzen stellt das Buch eine Synthese in großem Stile dar. Zumal in seiner eigenartigen Verknüpfung mit der Technik atmet es den Geist Bunsens, des Genius loci. Man beneidet die jetzigen Studierenden, die an der Hand eines solchen Führers sich in das noch unsagbar fruchtbringende Gebiet der Chemie hineinarbeiten dürfen. Der 2. Band wird u. a. ein tieferes Eindringen in die Molekularwelt und die Analyse sowie die anorganische Kolloidchemie bringen, der 3. die Raumgitterfragen, Mikroanalyse u. a. sowie die ganze organische Chemie nebst ihren Kolloiden und technischen Anwendungen. Der relativ erstaunlich niedrige Preis des vorzüglich ausgestatteten Buches erleichtert seine Anschaffung ganz wesentlich. *Otto Ohmann.*

Chemiebüchlein. Ein Jahrbuch der Chemie. Herausgegeben von Prof. Dr. H. BAUER. Stuttgart 1922, Franckhsche Verlagshandlung. Mit 6 Abb. 88 S. M. 9,60.

Auf 88 Seiten ein „Jahrbuch der Chemie" liefern zu wollen, ist natürlich ein unmögliches Unternehmen. Andererseits gibt der bescheidene Titel „Chemiebüchlein" auch kein richtiges Bild. Denn das Buch enthält ganz ausgezeichnete Aufsätze über die Forschungsergebnisse der letzten Zeit, so „Vom Aufbau der Materie" von Dr. E. Kohlweiler, über „Katalyse" von Prof. Dr. A. Koenig, „Die Stickstoffgewinnung aus der Luft" von Dr.-Ing. V. Reuß, „Organische Chemie" (hauptsächlich Kohle, Alkohol und Essigsäure) vom Herausgeber, „Farbstoffe und Faserstoffe" von Prof. Dr. H. Kauffmann, ferner noch „Kleine Mitteilungen". Da es von diesen Dingen eine übersichtliche und leicht verständliche Darstellung gibt, die keineswegs an der Oberfläche haften bleibt, so ist ihm weitere Verbreitung zu wünschen. Auch für Schülerbibliotheken, als Primanerlektüre, ist es geeignet. *O. Ohmann.*

Jahrbuch der angewandten Naturwissenschaften 1920—1921. 32. Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. AUGUST SCHLATTERER. Mit 127 Bildern auf 20 Tafeln und im Text. 394 S. Freiburg i. B. Herder 1922. Geb. M. 400.— und Teuer.-Zuschl.

Sehr ausführlich sind im vorliegenden Bande namentlich Bautechnik, mechanische und chemische Technologie behandelt. Von allgemeinem Interesse sind die Kapitel über Forst- und Landwirtschaft, Luftfahrt, Erdkunde und über Fortschritte auf dem Gebiete der Medizin. Als besondere Hauptfragen sind moderne Pflanzenzüchtung, drahtloser Überseeverkehr und das Thema der Konstitution und Disposition dargestellt. In einem Anhang „Für die Praxis" sind vom neuen Herausgeber die Hauptbestimmungen über das Anmelden von Patenten, Gebrauchsmustern und Warenzeichen mitgeteilt und wertvolle Hinweise für die Verwertung von Erfindungen gegeben. Den Beschluß bildet wie immer eine sorgfältig zusammengestellte Totentafel für das Jahr 1920. Das Buch reiht sich den früheren Jahrgängen ebenbürtig an. *P.*

Korrespondenz.

An Stelle des uns durch den Tod entrissenen Mitherausgebers Dr. ALOIS HÖFLER wird mit Beginn des nächsten Jahrganges Herr Hof- und Schulrat Dr. K. Rosenberg der Schriftleitung als Mitherausgeber zur Seite treten. Es soll dadurch die bisher gepflegte Geistes- und Arbeitsgemeinschaft zwischen Deutschland und Österreich auf dem Gebiet unserer Unterrichtsfächer von neuem bekräftigt werden. P.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1923.

Stundenzählung durchweg astronomisch. 0^h = Mittag, 12^h = Mitternacht, z. B. Jan. 1, $20^h\ 11^m$ = Jan. 2, $8^h\ 11^m$; Jan. 11, $24^h\ 45^m$ = Jan. 12; $0^h\ 45^m$.

MEZ 0^h		Januar 1	6	11	16	21	26	31	Februar 5	10	15	20	25	März 2
☿	AR	$19^h\ 48^m$	20.20	20.47	21.5	21.7	20.52	20.27	20.8	20.3	20.10	20.26	20.47	21.12
	D	$-23,2^0$	−21,3	−18,0	−16,6	−14,9	−14,5	−15,4	−16,8	−17,9	−18,6	−18,7	−18,3	−17,3
♀	AR	$15^h\ 53^m$	16.6	16.20	16.37	16.55	17.14	17.34	17.55	18.17	18.40	19.3	19.26	19.50
	D	$-16,0^0$	−16,4	−17,0	−17,7	−18,4	−19.0	−19,5	−19,9	−20,2	−20,3	−20,2	−19,9	−19,3
☉	AR	$18^h\ 44^m$	19.6	19.28	19.49	20.11	20.32	20.52	21.13	21.33	21.52	22.12	22.31	22.49
	D	$-23,1^0$	−22,6	−21,9	−21,1	−20,1	−18,9	−17,6	−16,1	−14,6	−12,9	−11,2	−9,4	−7,5
♂	AR	$23^h\ 7^m$	23.21	23.34	23.47	0.1	0.14	0.27	0.41	0.54	1.7	1.20	1.34	1.47
	D	$-6,4^0$	−4,9	−3,4	−1,8	−0,3	+1,2	+2,7	+4,2	+5,7	+7,2	+8,6	+10,0	+11,3
♃	AR	$14^h\ 45^m$		14.51		14.56		15.0		15.4		15.6		15.7
	D	$-14,8^0$		−15,2		−15,6		−15,8		−16,1		−16,2		−16,3
♄	AR	$13^h\ 15^m$				13.18				13.18				13.15
	D	$-5,3^0$				−5,5				−5,4				−5,1

Δ = Sternzeit i. mittl. Mittag v. Stargard; für östl. bzw. westl. Länge λ v. Greenwich $\mp (\lambda^0 - 15^0)\ 0.657^s$.

Zeitgl. = Mitt. Z. − Wahr. Z

Δ	$18^h\ 40^m\ 17^s$	19. 0.0	19. 19.43	19. 39.26	19. 59.9	20. 18.51	20. 38.34	20. 58.17	21. 18.0	21. 37.42	21. 57.25	22. 17.8	22. 36.51
Zeitgl.		$+3^m20^s$	+5.38	+7.45	+9.38	+11.15	+12.32	+13.30	+14.6	+14.23	+14.20	+13.59	+13.21	+12.28

Breite von Berlin (52° 30′) Länge v. Stargard. Untergang u. folg. Aufgang d. ob. ☉-Randes. MEZ.

☉ Unterg.	$3^h\ 56^m$	4.1	4.9	4.17	4.24	4.34	4.43	4.52	5.1	5.11	5.20	5.30	5.39
☉ Aufg.	$20^h\ 11^m$	20.10	20.7	20.2	19.57	19.51	19.43	19.35	19.27	19.17	19.6	18.56	18.45

Breite von Berlin (52° 30′) Länge v. Stargard. Untergang u. folg. Aufgang d. ob. ☾-Randes. MEZ.

☾ Aufg.	$3^h\ 2^m$	8.32	14.53	19.47	22.5	—	3.42	10.8	16.5	19.23	21.13	—	5.2
☾ Unterg	$19^h\ 0^m$	22.20	24.45	29.8	34.36	14.45	19.11	21.46	24.59	30.11	35.28	15.25	18.48

Mondphasen MEZ	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
			Jan. 2. 15^h 33.4^m	Jan. 9. 13. 54.5
	Jan. 16. 15^h 41.0^m	Jan. 24. 16^h 59.3^m	Febr. 1. 4. 53.2	Febr. 7. 22. 15.9
	Febr. 15. 8. 7.2	Febr. 23. 13. 6.2	März 2. 16. 23.6	

Verfinsterungen der **Jupitertrabanten I, II, III.** E: Eintritt, A: Austritt. MEZ.

I				II				III	
Jan.	3. 18^h 57.9 E	Febr.	4. 15. 27.4 E	Jan.	6. 19. 6.4 E	Febr.	7. 18. 39.9 E	Jan.	14. 17. 36.6 E
„	12. 15^h 19.7 E	„	11. 17. 20.5 E	„	24. 15. 54.7 A	„	25. 13. 6.9 E	„	14. 19. 24.7 A
„	19. 17^h 12.9 E	„	20. 13. 41.8 E	„	31. 16. 5.5 E	„	25. 15. 29.6 A	Febr.	19. 13. 23.8 E
„	26. 19^h 5.9 E	„	27. 15. 34.9 E	„	31. 18. 28.8 A			„	19. 15. 10.1 A

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der **Planeten.** Breite von Berlin. Länge v. Stargard.

MEZ	☿ Abendstern	♀ Morgenstern	♂ (Fr. W.)	♃ (Wg)	♄ (Jungfrau)
Jan. 1.	(5.1^h)	A 16,5 D_m 19,0	D_a 5,3 U 10,0	A 15,2 D_m 18,8	A 12,9 D_m 18,7
„ 11.	D_a 5,5^h U 5,9^h	A 16,4 D_m 19,0	D_a 5,5 U 10,0	A 14,7 D_m 18,8	A 12,3 D_m 18,7
„ 21.	D_a 5,7^h U 6,0^h	A 16,4 D_m 18,9	D_a 5,8 U 10,1	A 14,2 D_m 18,7	A 11,6 D_m 18,6
Febr. 1.	Morgenstern	A 16,5 D_m 18,8	D_a 5,9 U 10,1	A 13,6 D_m 18,6	A 10,9 D_m 18,5
„ 11.	(18,1^h)	A 16,7 D_m 18,6	D_a 6,2 U 10,1	A 13,0 D_m 18,4	A 10,3 D_m 18,3
„ 21.	A 18,0^h D_m 18,1	A 16,8 D_m 18,3	D_a 6,5 U 10,1	A 12,5 D_m 18,1	A 9,5 D_m 18,0

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bezw. Verschwinden i. d. Dämmerung.
Merkur in gr. östl. Elong. (18° 56′). Jan. 12, 23^h. **Venus** in gr. westl. Elong. (46° 55′). Febr. 3. 21^h.
Merkur in gr. westl. Elong. (26° 42′). Febr. 22, 18^h. *A. Weill.*